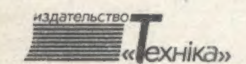
СПРАВОЧНИК

СПРАВОЧНИК ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ



СПРАВОЧНИК ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Киев
«Тэхника»
1991

ББК 30н.я2+65.9(2)248я2
С74
УДК 658.382.3

Авторы: *К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов*
Рецензент *В. В. Вышинский*
Редакция литературы по тяжелой промышленности
Зав. редакцией *О. Л. Яковлева*

Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно,
С74 А. Г. Степанов.— К.: Тэхника, 1991.— 285 с.
ISBN 5-335-00436-3

Приведены сведения о нормативных документах по охране труда, о системе управления охраной труда, об опасных и вредных производственных факторах, а также основных методах и средствах обеспечения охраны труда на промышленных предприятиях. Описана методика определения количественных и качественных характеристик опасных и вредных факторов, а также эффективности защитных средств.

Предназначен для инженерно-технических работников промышленных предприятий, может быть полезен студентам вузов.

С $\frac{2104000000-090}{М202(04)-91}$ 130.91 ББК 30н.я2+65.9(2)248я2

ISBN 5-335-00436-3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Охрана труда в СССР представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

На предприятии, где охране труда работающих должно уделяться постоянное внимание, отношение инженерно-технических и руководящих работников к осуществлению мероприятий по улучшению условий труда в производственных условиях должно служить критерием их гражданской зрелости и профессиональной подготовленности. Следует учитывать также и тот факт, что охрана труда является немаловажным экономическим фактором: улучшение условий влияет на производительность труда и качество выпускаемой продукции, уменьшение числа аварий, снижение текучести кадров, травматизма и профзаболеваний, а также связанных с этим экономических потерь.

Важным фактором в деле совершенствования охраны труда на промышленных предприятиях является обеспечение работников предприятий необходимой нормативно-справочной литературой.

Настоящее издание призвано оказать помощь инженерно-техническому персоналу и работникам служб охраны труда промышленных предприятий в изучении и решении отдельных вопросов охраны труда, создании безопасных и безвредных условий труда.

Материал в справочнике сформирован по отдельным вредным и опасным производственным факторам. По каждому фактору приведены основные теоретические положения, нормативные данные и требования, обоснование и выбор предупредительных мероприятий и средств коллективной и индивидуальной защиты, а также основные положения по расчету защитных средств.

Справочник составлен с учетом действующих правил и норм по охране труда, а также ГОСТ Системы стандартов безопасности труда.

Справочник является коллективным трудом: предисловие, гл. 11 и 12 написаны Р. В. Сабарно; гл. 1, 2, 3, 4 и 13 — Д. Ф. Иванчуком; гл. 5, 9 и 10 — А. Г. Степановым; гл. 6 — Р. В. Сабарно и А. Г. Степановым совместно; гл. 7 — К. Н. Ткачуком и А. Г. Степановым совместно и гл. 8 — А. Г. Степановым и Р. В. Сабарно совместно.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5. Издательство «Тэхника».

Раздел I
ПРАВОВЫЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

Глава 1
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ПО ОХРАНЕ ТРУДА

1.1. Основные законы по охране труда

Основные правовые положения по охране труда изложены в Конституции СССР, Конституциях союзных республик, Основах законодательства о труде, Кодексах законов о труде союзных республик, Основах гражданского законодательства, Гражданском кодексе, Гражданском процессуальном кодексе, Уголовном кодексе.

Согласно ст. 21 Конституции СССР государство заботится об улучшении условий и охране труда, его научной организации, о сокращении, а в дальнейшем и полном вытеснении тяжелого физического труда на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов во всех областях народного хозяйства.

В Конституции СССР закреплено право советских граждан на охрану здоровья (статья 42). Это право обеспечивается развитием и совершенствованием техники безопасности и производственной санитарии, проведением широких профилактических мероприятий, мерами по оздоровлению окружающей среды, особой заботой о здоровье подрастающего поколения, включая запрещение детского труда.

Охрана труда как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда, закреплена в Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о труде, утвержденных Верховным Советом СССР в 1970 г.

В Основах законодательства Союза ССР и союзных республик о труде* сформулированы важнейшие положения об улучшении условий и охране труда и отдыха трудящихся. Законодательство о труде устанавливает высокий уровень условий труда, всемерную охрану трудовых прав рабочих и служащих (ст. 1 Основ).

В главе VII Основ законодательства СССР и союзных республик о труде изложены статьи законов по охране труда: обеспечение здоровых и безопасных условий труда; соблюдение правил охраны труда при строительстве и эксплуатации производственных зданий, сооружений, оборудования; запрещение ввода в эксплуатацию предприятий, не отвечающих требованиям охраны труда; правила по охране труда, обязательные для администрации; инструкции по охране труда, обязательные для рабочих и служащих; средства на мероприятия по охране труда; выдача специальной одежды и других средств индивидуальной защиты; медицинские осмотры, перевод на более легкую работу; материальная ответственность предприятий, учреждений, организаций за ущерб, причиненный рабочим и служащим повреждением их здоровья; лечебно-профилактическое питание.

Отдельными главами выделен труд женщин (гл. VIII) и труд молодежи (гл. IX).

Законодательством о труде регламентируется режим труда и отдыха. Нормальная продолжительность рабочего времени рабочих и служащих на предприятиях, в учреждениях, организациях не может превышать 41 ч в неделю (ст. 21 Основ).

Сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается (ст. 22 Основ) для рабочих и служащих в возрасте от 16 до 18 лет— 36 ч в не-

* Далее по тексту — «Основ».

делю, а для лиц в возрасте от 15 до 16 лет (ст.74 Основ) — 24 ч в неделю; для рабочих и служащих, занятых на работах с вредными условиями труда,— не более 36 ч в неделю.

Продолжительность работы в ночное время сокращается на 1 ч, кроме случаев, когда для работника предусмотрено сокращенное рабочее время, в непрерывных производствах, на сменных работах при шестидневной рабочей неделе. Ночным считается время с 22 ч до 6 ч утра (ст. 25 Основ).

Неполное рабочее время устанавливается по просьбе беременной женщины, женщины, имеющей ребенка в возрасте до 8 лет или осуществляющей уход за больным членом семьи в соответствии с медицинским заключением (ст. 26 Основ).

Сверхурочные работы, как правило, не допускаются. Администрация может применять сверхурочные работы только в исключительных случаях, с разрешения профсоюзного комитета.

Сверхурочные работы не должны превышать для каждого рабочего или служащего 4 ч в течение двух дней подряд и 120 ч в год (ст. 27 Основ).

К сверхурочным работам запрещается привлекать беременных женщин и матерей, кормящих грудью, а также женщин, имеющих детей в возрасте до 1 года; лиц моложе 18 лет; рабочих и служащих, обучающихся в общеобразовательных школах и профессионально-технических училищах без отрыва от производства в дни занятий.

Всем рабочим и служащим предоставляются ежегодные отпуска с сохранением места работы (должности) и среднего заработка (ст. 32, 33, 34 Основ).

Запрещается применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными условиями труда, а также на подземных работах, кроме некоторых подземных работ, например, легких работ по санитарному и бытовому обслуживанию (ст. 68 Основ).

Женщины, имеющие детей в возрасте до полутора лет, в случае невозможности выполнения прежней работы переводятся на другую работу с сохранением среднего заработка по прежней работе до достижения ребенком возраста полутора лет (ст. 70 Основ).

Увольнение беременных женщин и женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет, по инициативе администрации не допускается, кроме случаев полной ликвидации предприятия, когда допускается увольнение с обязательным трудоустройством (ст. 73 Основ).

Запрещается прием на работу лиц моложе 16 лет. В исключительных случаях, по согласованию с профсоюзным комитетом предприятия, учреждения, организации могут приниматься на работу лица, достигшие пятнадцати лет (ст. 74 Основ).

Запрещается применять труд лиц моложе 18 лет на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на подземных работах (ст. 75 Основ).

Заработная плата рабочим и служащим моложе 18 лет при сокращенной продолжительности ежедневной работы выплачивается в таком же размере, как и рабочим и служащим соответствующих категорий при полной продолжительности ежедневной работы (ст. 77 Основ).

Молодые рабочие, окончившие профессионально-технические учебные заведения и молодые специалисты, окончившие средние специальные и высшие учебные заведения, обеспечиваются работой в соответствии с полученной специальностью и квалификацией (ст. 81 Основ).

Увольнение рабочих и служащих моложе 18 лет по инициативе администрации допускается, помимо соблюдения общего порядка увольнения, только с согласия районной (городской) комиссии по делам несовершеннолетних (ст. 82 Основ).

Закон требует при проектировании, строительстве и эксплуатации производственных зданий и сооружений соблюдения правил и норм по охране труда (ст. 58, 59 Основ). Ни одно предприятие, цех, участок, производство не могут быть приняты в эксплуатацию, если на них не обеспечены безопасные и здоровые условия труда.

Большое политическое, экономическое и социальное значение имеет принятый в 1983 г. Закон СССР о трудовых коллективах и повышении их роли в управлении предприятиями, учреждениями, организациями. Согласно ст. 15

Закона трудовым коллективам предоставляются большие права по улучшению условий и охраны труда. В целях предупреждения несчастных случаев на своем производстве трудовые коллективы обсуждают и одобряют комплексные планы улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий и контролируют выполнение этих планов; вносят предложения по техническому перевооружению, механизации и автоматизации, улучшению организации и повышению культуры производства, сокращению ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда, активно участвуют в их реализации.Они разрабатывают и осуществляют мероприятия по улучшению условий труда и быта работающих женщин, усилению охраны материнства и детства; контролируют использование средств, предназначенных для охраны труда, и соблюдение всеми работниками правил и инструкций по охране труда на предприятиях, в учреждениях, организациях; обсуждают вопросы использования средств социального страхования и вносят соответствующие предложения; вносят предложения и принимают участие в осуществлении мер по улучшению охраны окружающей среды; ставят вопросы о привлечении к ответственности лиц, виновных в нарушении правил охраны труда и законодательства об охране окружающей среды.

В настоящее время Основы законодательства Союза ССР и союзных республик о труде дополнены главой XII—А «Трудовой коллектив» и главой III—А «Обеспечение занятости высвобождаемых работников».

В статье 99^3 Основ о полномочиях совета трудового коллектива сказано, что он принимает решение об использовании фондов развития производства, науки и техники, материального поощрения, социального развития, о направлении средств на строительство жилых домов, детских учреждений, столовых, улучшение условий и охраны труда, медицинского бытового и культурного обслуживания рабочих, служащих, решает другие вопросы социального развития коллектива.

В статье 20^1 Основ указано, что право на труд высвобождаемым работникам гарантируется предоставлением работы на том же предприятии, в учреждении, организации; предоставлением работы на другом предприятии, в учреждении, организации по прежней профессии, специальности, квалификации, а при ее отсутствии — другой работы с учетом индивидуальных пожеланий и общественных потребностей; предоставлением возможности обучения новым профессиям (специальностям) и соответствующей работы.

1.2. Правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии

Кроме законов, в нашей стране на основе постановлений ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и других органов утверждена нормативная документация по охране труда.

В зависимости от сферы применения правила по охране труда и технике безопасности разделяются на общесоюзные (единые), межотраслевые, отраслевые, общезаводские и инструкции по технике безопасности.

Едиными правилами и нормами, распространяющимися на все отрасли народного хозяйства, являются требования государственных стандартов ССБТ, «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ), «Строительные нормы и правила» (СНиП), «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» (СН 245—71), «Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов»,«Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и др.

Они определяют требования по охране труда, касающиеся всех предприятий, учреждений и организаций, закрепляют гарантии безопасности и гигиены труда, уровень которых должен быть одинаковым во всех отраслях народного хозяйства.

Межотраслевые правила техники безопасности и производственной санитарии регламентируют условия труда для определенных видов работ, типов оборудования или производства, которые могут осуществляться или использоваться в различных отраслях народного хозяйства. Например, «Пра-

вила техники безопасности и производственной санитарии при холодной обработке металлов», «Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах», «Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газоплазменной обработке металлов» и др. Утверждаются единые нормы и правила Советом Министров СССР или по его поручению другими государственными органами совместно или по согласованию с ВЦСПС.

Отраслевые правила и нормы по технике безопасности и производственной санитарии характеризуются повышением уровня требований по охране труда по сравнению с общими и межотраслевыми нормами. В них полнее регламентируются конкретные проектные и эксплуатационные требования применительно к особенностям данной отрасли с учетом внедрения новой техники и передовой технологии производства. Отраслевые нормы и правила по охране труда утверждаются министерствами, ведомствами, органами государственного надзора совместно или по согласованию с ЦК соответствующего профсоюза и распространяются только на те предприятия и организации, рабочие и служащие которых объединяются данным профсоюзом (ст. 60 Основ).

Общезаводские и цеховые инструкции по технике безопасности и производственной санитарии разрабатываются и утверждаются администрацией предприятия по согласованию с профсоюзным комитетом и закрепляют важнейшие гарантии безопасности и гигиены труда в нескольких цехах, по отдельным технологиям, работам или типам оборудования.

1.3. Стандарты по охране труда

В СССР действует и продолжает совершенствоваться Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

В зависимости от сферы действия, содержания и уровня утверждения ГОСТ установлены четыре категории стандартов: Государственные стандарты Союза ССР (ГОСТ), Отраслевые стандарты (ОСТ), Республиканские стандарты союзных республик (РСТ), Стандарты предприятий (СТП).

Система стандартов безопасности труда предусматривает разработку как государственных, так и республиканских стандартов данной классификационной группировки (ГОСТ 12.0.001—82, СТ СЭВ 829—77).

Классификационные группировки имеют свою кодификацию: 0 — основополагающие государственные стандарты; 1 — государственные стандарты общих требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов; 2 — стандарты общих требований безопасности к производственному оборудованию; 3 — стандарты общих требований безопасности к производственным процессам; 4 — стандарты требований к средствам защиты работающих; 5 — стандарты требований к зданиям и сооружениям; 6—9 — резерв.

Основными положениями ССБТ установлена следующая структура обозначения стандартов: первые две цифры — класс стандарта, третья — код группировки, четвертая, пятая и шестая — порядковый номер в группировке, последние две цифры — год регистрации.

Разработка отраслевых и республиканских стандартов осуществляется с учетом особенностей безопасности труда в отрасли, республике.

Стандарты предприятий разрабатываются на основе «Рекомендаций по разработке стандартов предприятий по безопасности труда», согласно годовым планам стандартизации, утвержденным руководством предприятия. Они являются составной частью ССБТ, должны быть взаимосвязаны с государственными и отраслевыми стандартами, соответствовать им и не дублировать последние.

Стандарты предприятий разрабатываются не по всем подсистемам стандартов ССБТ, а только по подсистемам «0» и «4».

Объектами стандартизации на уровне стандартов предприятий являются: организация, планирование и порядок стимулирования работы по обеспечению безопасности труда; организация обучения и инструктажа работающих; контроль за безопасностью труда; порядок надзора за объектами повышенной опасности и аттестация персонала, который их обслуживает; методы оценки

работы по обеспечению безопасности труда в подразделениях и службах предприятия; анализ причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии; порядок внесения требований безопасности в конструкторскую и технологическую документацию предприятия; пожарная безопасность на предприятии; проведение нормоконтроля и экспертизы конструкторской документации и полноту изложения требований безопасности труда; методы и порядок измерений для оценки безопасности труда; контроль за внедрением и соблюдением стандартов ССБТ; требования к обеспечению эксплуатации и содержанию средств защиты работающих на производстве.

Разработка и внедрение стандартов ССБТ

Разработка и внедрение государственных, отраслевых стандартов и стандартов предприятий по безопасности труда, а также требований безопасности в стандартах и технических условиях должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 1.0—85, ГОСТ 1.2—85, ГОСТ 1.4—85, ГОСТ 1.5—85, ГОСТ 1.11—75, ГОСТ 1.19—85, ГОСТ 1.20—85; Рекомендаций по разработке стандартов предприятий по безопасности труда; Методических указаний о порядке согласования проектов стандартов и технических условий с профсоюзными органами (РД50—111—81); Методических рекомендаций по проведению экспертизы требований безопасности в проектах стандартов и технических условий (ВЦНИИОТ ВЦСПС 1977); Методических указаний по внедрению стандартов Системы стандартов безопасности труда в отраслях народного хозяйства (РДМУ 83—82); Методических указаний по государственному надзору за внедрением и соблюдением стандартов Системы стандартов безопасности труда (РДМУ 86—77); Порядка разработки государственных отраслевых стандартов и изменений к ним (ОСТ 51.53—78).

Основной целью и задачей стандартизации по охране труда являются установление требований по обеспечению безопасности труда работающих и охраны здоровья населения, обеспечению пожаро- и взрывобезопасности, единых требований к организации работ по обеспечению безопасности труда.

Центральная головная организация по стандартизации в области безопасности труда назначается приказом по министерству или ведомству.

Головными и базовыми организациями по разработке и внедрению стандартов ССБТ являются научно-исследовательские и проектные институты, определенные распоряжением руководства министерства.

Разработка государственных и отраслевых стандартов безопасности труда

Государственные и отраслевые стандарты безопасности труда разрабатываются на основе общесоюзных, межотраслевых правил и инструкций по технике безопасности, государственных стандартов, СНиП, СН, Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о труде, кодексов законов о труде и других законодательных актов, постановлений и решений партии, правительства, профсоюзных органов и органов государственного надзора.

Государственные и отраслевые стандарты безопасности труда разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 1.2—85, ОСТ 51.53—78 «Порядок разработки государственных, отраслевых стандартов и изменений к ним».

Государственные и отраслевые стандарты безопасности труда согласовываются с ГОСТ 12.0.001—82; РД 50—111—81 и ОСТ 51.53—78.

Отраслевые стандарты по безопасности труда (ОСТ ССБТ) утверждаются министерством по согласованию с ЦК профсоюза рабочих, а при необходимости с органами государственного надзора и другими заинтересованными организациями в соответствии с РД 50—111—81. Они являются составной частью государственной Системы стандартов безопасности труда.

Разработка ГОСТ ССБТ и ОСТ ССБТ проводится на основе годовых и пятилетних планов стандартизации министерства.

Организационно-методическое руководство разработкой стандартов ССБТ осуществляют отдел стандартизации и Управление охраны труда министерства.

Научно-техническое и организационно-методическое руководство разработкой стандартов ССБТ осуществляет центральная головная организация, головные и базовые организации по стандартизации.

Ответственность за правильность и полноту изложения в стандартах требований безопасности и производственной санитарии несут организации, разрабатывающие, представляющие на утверждение и утверждающие стандарты.

Разработка стандартов предприятий (СТП ССБТ)

Стандарты предприятий по безопасности труда являются составной частью Системы стандартов безопасности труда.

Объекты стандартизации и порядок разработки СТП ССБТ устанавливаются Рекомендациями по разработке стандартов предприятий по безопасности труда, утвержденными Отделом охраны труда ВЦСПС и Техническим управлением Госстандарта 17 марта 1980 г.

Стандарты предприятий перед утверждением согласовываются со службами стандартизации и охраны труда, комитетом профсоюза предприятия. Утверждение и регистрация СТП ССБТ осуществляются в соответствии с ГОСТ 1.4—85.

Разработка СТП ССБТ проводится на основе годовых планов стандартизации предприятий, включающих раздел стандартизации в области безопасности труда с перечнем планируемых к разработке СТП ССБТ, а также указаний руководства предприятия, издаваемых при необходимости срочной разработки СТП ССБТ, не предусмотренных планом.

Методическое руководство разработкой СТП ССБТ осуществляется службой стандартизации с участием службы охраны труда предприятия.

Разработчиками СТП ССБТ в зависимости от объектов стандартизации являются соответствующие службы главных специалистов предприятия (главного технолога, главного механика, главного энергетика и др.).

Ответственность за правильность и полноту изложения в СТП ССБТ требований охраны труда несут разработчики и руководители предприятия, утверждающие СТП ССБТ.

Внедрение стандартов ССБТ

Стандарты ССБТ внедряются в соответствии с требованиями ГОСТ 1.20—85 и Методическими указаниями по внедрению стандартов Системы стандартов безопасности труда в отраслях народного хозяйства (РДМУ—83—82).

Научно-техническое и организационно-методическое руководство внедрением стандартов ССБТ в отрасли осуществляет отдел стандартизации с участием Управления охраны труда.

Общее руководство работами по организации внедрения стандартов ССБТ на предприятии осуществляет руководитель или главный инженер предприятия.

Организационно-методическое руководство внедрением стандартов ССБТ на предприятии осуществляет служба стандартизации с участием службы охраны труда.

1.4. Ответственность за нарушение положений по охране труда

В соответствии со ст. 105 Основ (ст. 265 КЗОТ УССР) должностные лица, виновные в нарушении законодательства о труде и правил по охране труда, невыполнении обязательства по коллективным договорам и соглашениям по охране труда, несут ответственность общественную, дисциплинарную, административную, материальную, уголовную. Причем, нарушение правил охраны труда рядовыми работниками не освобождает должностных лиц от ответственности, поскольку их обязанностью является обеспечение дисциплины и безопасных условий труда, инструктирование рабочих и постоянный надзор за выполнением правил и норм охраны труда.

Администрация (ст. 152 КЗОТ УССР) и трудовой коллектив (ст. 9 Закона СССР «О трудовых коллективах и повышении их роли в управлении предприятиями, учреждениями, организациями») могут применять к рабочим и служащим, нарушившим правила охраны труда, следующие меры общественного взыскания: товарищеское замечание, общественный выговор, обсуждение на заседании товарищеского суда, на рабочих и профсоюзных собраниях, в стенной и многотиражной печати, по заводскому радиовещанию и т. п.

Меры общественного воздействия юридического характера, как правило, не имеют и опираются в основном на силу общественного мнения, авторитет коллектива или общественного органа, их применяющих. Они могут применяться и к лицам, наказанным администрацией в дисциплинарном порядке. Наложение дисциплинарного взыскания на виновного не освобождает его от общественного воздействия.

Дисциплинарную ответственность за нарушение законодательства об охране труда рабочие несут в порядке, предусмотренном Правилами внутреннего трудового распорядка, устанавливающими следующие меры взыскания: замечание, выговор, строгий выговор, перевод на нижеоплачиваемую работу на срок до 3 мес или смещение на низшую должность на тот же срок, увольнение (ст. 56 Основ, ст. 147 КЗОТ УССР).

Право выбора меры дисциплинарного взыскания принадлежит администрации. При этом она должна учитывать степень тяжести совершенного проступка, обстоятельства, при которых он совершен, предшествующую работу и поведение рабочего или служащего.

Перечень и общий порядок наложения дисциплинарных взысканий регламентируется ст. 147, 148 и 149 КЗОТ УССР.

К дисциплинарной ответственности привлекаются рабочие, нарушающие требования охраны труда, а также руководящие, инженерно-технические работники и служащие, не соблюдающие требования правил и инструкций по технике безопасности или не принимающие необходимых мер для предотвращения несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Лица из числа руководящего персонала, виновные в нарушении законодательства по охране труда, несут ответственность в порядке подчиненности. Дисциплинарную ответственность в порядке подчиненности несут лишь работники, указанные в перечне № 1, приведенном в приложении 1 к Положению о порядке рассмотрения трудовых споров. К этим работникам наряду с взысканиями, указанными в ст. 147 КЗОТ УССР (ст. 56 Основ), могут применяться смещение на низшую должность сроком до 1 года и смещение с должности за однократное грубое нарушение трудовых обязанностей (п. 1 ст. 41 КЗОТ УССР). По требованию профсоюзного органа (не ниже районного) администрация обязана расторгнуть трудовой договор с руководящим работником или сместить его с занимаемой должности, если он нарушает законодательство о труде (ст. 45 КЗОТ УССР).

Наложение дисциплинарного взыскания в порядке подчиненности не подлежит обжалованию в комиссию по трудовым спорам, профсоюзный комитет, народный суд. Оно может быть обжаловано в двухнедельный срок должностному лицу или органу, являющемуся непосредственно вышестоящим по отношению к тому должностному лицу или органу, которым взыскание наложено.

Взыскания налагаются администрацией сразу после проступка, но не позднее 1 мес со дня его обнаружения, не считая времени отсутствия на работе, вызванного болезнью работника или пребыванием его в отпуске. При этом днем обнаружения проступка, от которого исчисляется месячный срок для наложения взыскания, считается день, когда лицу, которому по службе подчинен работник, стало известно о нарушении, независимо от того, наделено ли оно правом наложения дисциплинарных взысканий.

Взыскание не может быть наложено позднее 6 мес со дня совершения проступка. За один и тот же проступок может быть наложено только одно дисциплинарное взыскание.

До наложения дисциплинарного взыскания в соответствии с требованиями ст. 149 КЗОТ УССР администрация должна затребовать от нарушителя письменное объяснение. Если работник, допустивший нарушение, отказывается дать объяснение, об этом составляется акт.

Рабочие и служащие, избранные в состав профсоюзного комитета и не освобожденные от своей производственной работы, не могут быть подвергнуты дисциплинарному взысканию без предварительного согласия профсоюзного комитета, а председатели профсоюзного комитета и профорганизаторы — без предварительного согласия вышестоящего профсоюзного органа (ст. 252 КЗОТ УССР, п. 30 Положения о правах профсоюзного комитета).

Председатель группы народного контроля не может быть переведен в порядке дисциплинарного взыскания на нижеоплачиваемую работу, помимо общего порядка, без предварительного согласия районного, городского комитета народного контроля (ст. 29 Закона СССР о народном контроле).

Члены совета трудового коллектива не могут быть уволены или подвергнуты дисциплинарному взысканию без согласия совета трудового коллектива.

К депутатам Советов народных депутатов указанная мера дисциплинарного взыскания также не может быть применена без предварительного согласия соответствующего исполкома Совета.

Дисциплинарные взыскания объявляются приказом и сообщаются работнику под расписку. Если в течение года со дня наложения взыскания рабочий или служащий не будет подвергнут новому дисциплинарному взысканию, то он рассматривается как не подвергавшийся взысканию. Иными словами, взыскание в этом случае снимается автоматически. Если работник не допустил нового нарушения и проявил себя как хороший и добросовестный работник, руководитель может издать приказ о снятии наложенного взыскания, не ожидая истечения года.

Действия администрации при наложении дисциплинарного взыскания работник вправе обжаловать в органы по рассмотрению трудовых споров КТС, профсоюзный комитет, народный суд.

Меры дисциплинарного воздействия к нарушителю правил по технике безопасности не только не исключают, а предполагают одновременное обсуждение его проступка общественными организациями (на заседании профсоюзного комитета, президиума обкома профсоюза и т. п.).

Одной из форм воздействия на должностных лиц за нарушения трудового законодательства, невыполнение обязательств по коллективному договору является увольнение с работы или смещение с занимаемой должности по требованию профсоюзного органа (ст. 45 КЗОТ УССР). Таким правом наделены профсоюзные органы не ниже районного. Требование профсоюзного органа может быть обжаловано работником или администрацией в вышестоящий профсоюзный орган, решение которого является окончательным. Для обжалования предъявленного требования установлен семидневный срок со дня рассмотрения жалобы вышестоящим профсоюзным органом.

Увольнение или смещение с должности работника производится лишь по окончании семидневного срока, в течение которого допускается подача заявления о пересмотре этого требования. В случае подачи заявления увольнение или смещение с должности производится только после внесения соответствующим профсоюзным органом решения, подтверждающего требование об увольнении или смещении. Уволенные на этом основании работники утрачивают непрерывный стаж независимо от времени поступления их на другую работу.

Отстранение от работы применяется администрацией как мера по устранению нарушений трудовой и производственной дисциплины. Законом определена исключительность такой меры, как отстранение от работы, и возможность ее применения только в случаях, предусмотренных законодательствами Союза ССР и Украинской ССР и по постановлению компетентного органа, требования которого для администрации являются обязательными. Наиболее распространенный характер применения такой меры носят постановления органов народного контроля в отношении должностных лиц, допустивших срыв выполнения решений партии и правительства, грубые нарушения государственной дисциплины, социалистической законности, а также бюрократизм, волокиту, причинившие существенный ущерб интересам государства, организаций предприятий и граждан. Увольнение или понижение в должности лица, отстраненного комитетом народного контроля от занимаемой должности, осуществляется надлежащим органом или руководителем в соответ-

ствии с действующим законодательством. Право отстранения от должности предоставлено районным комитетам, городским, районным в городах, а также комитетам народного контроля объединений и организаций, которые принимают такие решения в каждом отдельном случае с согласия соответствующего областного комитета народного контроля. Группа народного контроля вправе лишь вносить на рассмотрение соответствующих комитетов народного контроля предложения об отстранении от должности. Постановление об отстранении может быть в десятидневный срок со дня его внесения обжаловано должностным лицом в вышестоящий комитет народного контроля, вынесший постановление.

Следственные органы вправе отстранять в случае необходимости обвиняемых работников от занимаемой должности, если они являются должностными лицами, по мотивированному постановлению, подлежащему утверждению прокурором.

Работники, отстраненные от выполняемой работы, переводятся администрацией (с их согласия) на другую работу, а при отказе от перевода увольняются с работы на общих основаниях, предусмотренных действующим трудовым законодательством.

Трудовые споры об отстранении работников от работы по постановлению компетентного органа, требования которого для администрации являются обязательными (прокурора, следователя, должностных лиц Госпроматомнадзора и др.), не подлежат судебному рассмотрению, а разрешаются в порядке, установленном для обжалования постановлений этого органа. В остальных случаях споры по вопросам отстранения от работы, в том числе и те, которые возникли после отмены постановления одного из указанных органов, рассматриваются на общих основаниях, предусмотренных для разрешения трудовых споров.

Круг органов и должностных лиц, имеющих право применять административное взыскание (наложение штрафа), строго ограничен законом (Указ Президиума Верховного Совета СССР от 13 октября 1976 г.). Правом наложения штрафа наделены правовые и технические инспекторы труда, органы Госпроматомнадзора, санитарного и пожарного надзора и др. Штраф налагается на тех должностных лиц, которые в порядке исполнения своих служебных обязанностей не приняли меры к своевременному выполнению правил и норм по охране труда и технике безопасности. Это, прежде всего, мастера, производители работ, техники, старшие производители работ и другие руководители структурных подразделений, а также начальники смен, главные инженеры, руководители предприятий, объединений.

На лиц, виновных в нарушении правил по охране труда, главным правовым или техническим инспектором труда налагается штраф в размере до 50 р. (техническим, правовым инспектором — до 10 р.).

Штраф в административном порядке не может быть наложен, если со дня совершения проступка прошло более 1 мес.

Постановление административной комиссии или технического (правового) инспектора о наложении штрафа, не исполненное в течение трех месяцев со дня его вынесения, утрачивает силу. Акт по форме 2-ТИ, оформляемый техническим инспектором, направляется руководителю предприятия, организации или вышестоящему органу — первый экземпляр, лицу, подвергнутому штрафу — второй, третий находится у технического инспектора труда. Правовыми инспекторами труда акт по форме 2-ТИ составляется также в трех экземплярах (первый экземпляр выдается на руки оштрафованному лицу, второй — в бухгалтерию предприятия, организации по месту его работы, третий остается у работника, наложившего штраф). Штрафы налагаются на тех должностных лиц, которые в порядке исполнения своих служебных обязанностей должны принимать меры к своевременному соблюдению установленных правил по охране труда и технике безопасности, но не делают этого.

Материальная ответственность наступает в случаях причинения рабочим или служащим прямого действительного имущественного ущерба предприятию, организации, учреждению (ст. 130 КЗОТ УССР).

Полную материальную ответственность (ст. 134 КЗОТ УССР) несет работник, нанесший ущерб предприятию в результате нарушения требований охраны труда или игнорирования трудового законодательства, в слу-

чае, если в действиях виновного лица имеются признаки деяний, преследуемых в уголовном порядке.

Уголовную ответственность должностные лица несут за нарушение правил по технике безопасности, производственной санитарии или иных правил охраны труда на государственных и общественных предприятиях, в организациях и учреждениях различных отраслей народного хозяйства (ст. 135 УК УССР). Если указанные нарушения не повлекли, но могли повлечь за собой несчастные случаи с людьми, виновные должностные лица наказываются исправительными работами на срок до одного года или штрафом до 100 р., или общественным порицанием. За те же нарушения, но при условии, что они повлекли несчастные случаи с людьми, виновные наказываются лишением свободы на срок до 4 лет. Ответственность за нарушение правил труда, техники безопасности по ст. 135 УК УССР несут те должностные лица, на которых в силу служебного положения по специальному распоряжению возложена ответственность за безопасность труда и соблюдение правил техники безопасности на соответствующем участке работы или контроль за их выполнением.

Если работник действует вопреки требованиям правил техники безопасности и указаниям должностных лиц (мастера, начальника цеха), то за происшедший по его вине несчастный случай должностные лица уголовной ответственности не несут.

Глава 2
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

2.1. Служба охраны труда на предприятии

Типовое положение об отделе (бюро) охраны труда и техники безопасности предприятия утверждено Постановлением Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам и Президиума ВЦСПС от 22 апреля 1982 года.

Отдел (бюро) охраны труда или техники безопасности является самостоятельным структурным подразделением предприятия и подчиняется непосредственно руководителю или главному инженеру предприятия.

Отдел несет ответственность за подготовку организации работы на предприятии по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Отдел проводит свою работу совместно с другими подразделениями предприятия и во взаимодействии с комитетом профсоюза, технической инспекцией труда и местными органами государственного надзора по плану, утвержденному руководителем или главным инженером предприятия.

Основными задачами отдела (бюро) охраны труда являются: постоянное совершенствование организации работы на предприятии по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний; внедрение передового опыта и научных разработок по охране труда; контроль за состоянием охраны труда на производстве.

Отдел охраны труда проводит анализ состояния и причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний, разрабатывает совместно с соответствующими службами предприятия мероприятия по предупреждению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также организует внедрение указанных мероприятий; организует работу на предприятии по проведению паспортизации санитарно-технического состояния цехов; организует совместно с соответствующими службами предприятия разработку и выполнение пятилетнего комплексного плана улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, а также участвует в разработке соглашений по охране труда.

Работа отдела охраны труда заключается также в подготовке и внесении предложений о разработке и внедрении более совершенных конструкций оградительной техники, предохранительных устройств и других средств за-

щиты от опасных производственных факторов; участии в работе по внедрению стандартов безопасности труда и научных разработок по охране труда; проведении совместно с соответствующими службами предприятия с участием профсоюзного актива проверки или участии в проверках технического состояния зданий, сооружений, оборудования на соответствие их правилам и нормам по охране труда, эффективности работы вентиляционных систем, состояния санитарно-технических устройств, санитарно-бытовых помещений, средств коллективной и индивидуальной защиты работающих.

Работники отдела охраны труда оказывают помощь подразделениям предприятия в организации проведения замеров состояния окружающей производственной среды; участвуют в работе комиссии по приемке в эксплуатацию законченных строительством или реконструированных объектов производственного назначения, проверяя выполнение требований по обеспечению здоровых и безвредных условий труда; проводят вводный инструктаж и оказывают помощь в организации обучения работников по вопросам охраны труда; участвуют в работе аттестационной комиссии и комиссии по проверке знаний инженерно-техническими работниками и служащими норм и правил по охране труда, инструкций по технике безопасности; оказывают подразделениям предприятий методическую помощь в разработке и пересмотре инструкций по технике безопасности, а также принимают участие в составлении программ обучения рабочих безопасным методам работы.

Отдел охраны труда руководит работой кабинета охраны труда, организует на предприятии пропаганду и информацию по вопросам охраны труда; организует через соответствующие службы обеспечение подразделений предприятия правилами, нормами, плакатами и другими пособиями по охране труда, а также оказывает им методическую помощь в оборудовании информационных стендов по охране труда; участвует в расследовании несчастных случаев на производстве, в работе комиссии по подведению итогов социалистического соревнования и балансовой комиссии предприятия. В отделе также рассматриваются письма, заявления и жалобы трудящихся по вопросам охраны труда и принимаются соответствующие меры; составляется отчетность по охране труда по установленным нормам и в установленные сроки.

Отдел охраны труда контролирует проведение в подразделениях предприятия мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда; выполнение в подразделениях предприятия требований правил и норм по охране труда, инструкций по технике безопасности; соблюдение графиков замеров уровней шума, вибрации, запыленности, загазованности, освещенности, температуры, влажности и других неблагоприятных производственных факторов; своевременное проведение соответствующими службами испытаний и технических освидетельствований паровых и водогрейных котлов, сосудов и аппаратов, работающих под давлением, грузоподъемных машин и механизмов, контрольных приборов и другого оборудования, подлежащего периодическому испытанию и освидетельствованию.

Контролю подлежат также эффективность работы аспирационных и вентиляционных систем; состояние предохранительных приспособлений и защитных устройств; своевременное и качественное проведение инструктажа на рабочих местах; организация обучения, проверка знаний и аттестация работающих по охране труда.

На отдел охраны труда возложен контроль за соблюдением Положения о расследовании несчастных случаев на производстве; организацией хранения, выдачи, стирки, химической чистки, сушки, обеспыливания, обезвреживания и ремонта спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты; правильным расходованием средств в подразделениях предприятия, выделенных на выполнение мероприятий по охране труда.

Отдел охраны труда имеет право проверять состояние условий и охраны труда во всех подразделениях предприятия и давать обязательные для выполнения предписания об устранении выявленных недостатков, которые могут быть отменены только письменным распоряжением руководителя или главного инженера предприятия; запрещать эксплуатацию машин, оборудования и ведение работ на отдельных участках, если это угрожает жизни и здоровью работающих или может привести к аварии, с уведомлением об этом руководителя или главного инженера предприятия.

Отдел охраны труда полномочен запрашивать и получать от подразделений предприятия материалы по вопросам охраны труда, требовать письменные объяснения от лиц, не имеющих допуска к выполнению данной работы или грубо нарушающих правила и нормы по охране труда, инструкции по технике безопасности; представлять руководству предприятия предложения о поощрении отдельных работников за активную работу по созданию здоровых и безопасных условий труда и вносить предложения о привлечении к дисциплинарной ответственности в установленном порядке лиц, виновных в нарушении правил и норм по охране труда, в происшедших несчастных случаях на производстве.

Работники отдела охраны труда имеют право беспрепятственно осматривать производственные, служебные и бытовые помещения предприятия, представительствовать в государственных и общественных организациях при обсуждении вопросов по охране труда.

В тех случаях, когда в соответствии с типовыми структурами на предприятии не может быть создан отдел или бюро, назначается старший инженер (инженер) по охране труда и технике безопасности, должностные обязанности которого устанавливаются в соответствии с квалификационным справочником должностей служащих.

На предприятии (в организации) со списочным количеством работающих 100 чел. и более создается кабинет охраны труда. На предприятиях со списочным количеством работающих свыше 300 чел. кабинет охраны труда может быть совмещен с кабинетом для учебных занятий (техническим кабинетом).

Типовое положение о кабинете охраны труда разработано в соответствии с Постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам и секретариата ВЦСПС от 8 июня 1978 г.

Для оборудования кабинета охраны труда в соответствии со СНиП 2.09. 04—87 «Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий» должно быть выделено специальное помещение, площадь которого определяется в зависимости от списочной численности работающих: до 1000 чел.— 24 м^2; от 1001 до 3000 чел.— 48; от 3001 до 5000 чел.— 72; от 5001 до 10000 чел.— 100; от 10001 до 20000 чел.— 150; свыше 20000 чел.— 200.

Основным назначением и содержанием работы кабинета охраны труда является обучение и инструктаж по безопасным методам труда рабочих, инженерно-технических работников и служащих, поступающих на предприятие, а также учащихся техникумов, средних и специальных школ и училищ, студентов высших учебных заведений, проходящих производственную практику; проведение семинаров, курсов и тематических занятий с рабочими, к которым предъявляются специальные требования к знаниям по технике безопасности и производственной санитарии, семинаров по охране труда для инженерно-технических работников и профсоюзного актива, периодического инструктажа и проверки знаний рабочих и ИТР по вопросам охраны труда. Кабинет охраны труда организует консультации, лекции, беседы, просмотры кинофильмов, выставки, пропагандирующие передовой опыт работы по охране труда; оказывает помощь цехам и производственным участкам в организации уголков по охране труда.

Кабинет должен быть оснащен нормативно-технической документацией по охране труда, учебными программами, методическими, справочными, директивными и другими материалами, необходимыми для проведения обучения, инструктажа и консультаций работающих по вопросам трудового законодательства, техники безопасности, производственной санитарии, противопожарной защиты; техническими средствами обучения и учебным инвентарем; наглядными пособиями.

Работа кабинета по охране труда проводится в соответствии с годовыми и месячными планами, утвержденными главным инженером по согласованию с профсоюзным комитетом. Руководит ею начальник отдела (бюро) или старший инженер (инженер) по охране труда предприятия.

Лицо, ответственное за работу кабинета охраны труда, подготавливает годовые и месячные планы работы кабинета; проводит вводный инструктаж рабочих, ИТР и служащих, поступающих на предприятие, а также учащихся средних школ, училищ, техникумов, студентов вузов, проходящих произ-

водственную практику; организует обучение рабочих, ИТР и служащих безопасным методам работы и проводит мероприятия по пропаганде передового опыта, подготавливает предложения по совершенствованию работы и оснащению кабинета; следит за исправным состоянием оборудования кабинета; оказывает помощь цехам и подразделениям в организации уголков по охране труда и обеспечивает их средствами наглядной агитации.

Для методического руководства и контроля за работой кабинетов охраны труда в отрасли министерством (ведомством) организуется Центральный (базовый) кабинет охраны труда.

2.2. Обязанности должностных лиц и трудящихся по соблюдению правил и норм по охране труда

Руководитель предприятия несет персональную ответственность за обеспечение здоровых и безопасных условий труда; обеспечивает финансовыми, материальными и трудовыми ресурсами организацию производственных процессов, эксплуатацию оборудования, зданий и сооружений в соответствии с требованиями и нормами охраны труда; обеспечивает выполнение производственными подразделениями предприятия законодательства по охране труда, решений партии, правительства, профсоюзов, постановлений, указаний и приказов министерства, государственного надзора, ведомственного контроля правовой и технической инспекции профсоюза. Он отвечает за ввод в эксплуатацию новых и реконструированных объектов, отвечающих требованиям охраны труда; осуществляет общее руководство разработкой комплексного плана улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, работами по внедрению ССБТ, организует совместно с профсоюзным комитетом предприятия трехступенчатый контроль по охране труда; утверждает штаты службы охраны труда; привлекает к дисциплинарной и материальной ответственности работников, допустивших нарушение требований ССБТ, норм, правил по охране труда; рассматривает отчеты по охране труда, контролирует их своевременное представление в вышестоящие организации, издает приказы по охране труда.

Главный инженер предприятия возглавляет организационно-техническую работу по охране труда, несет персональную ответственность за создание на предприятии безопасных и здоровых условий труда; организует плановое внедрение в производство новых, более безопасных технологических процессов, технических средств, улучшающих условия труда и повышающих безопасность производства; руководит разработкой комплексного плана улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий, организует контроль за его выполнением.

Он руководит разработкой новой и пересмотром действующей документации по охране труда в соответствии с требованиями государственных и отраслевых стандартов ССБТ, правил и норм по охране труда; организует выполнение производственными подразделениями предприятия мероприятий по охране труда, указаний министерства, предписаний органов государственного и ведомственного надзора и профсоюзных органов; возглавляет и осуществляет контроль за проведением трехступенчатого контроля состояния охраны труда.

В обязанности главного инженера входит организация кабинета по охране труда, пропаганда охраны труда в производственных подразделениях предприятия, проведение инструктажа, обучение, повышение квалификации и проверка знаний работающих; совместно с профсоюзным комитетом ежеквартальное проведение совещания по охране труда с главными специалистами, руководителями производственных подразделений, проведение общественных смотров, конкурсов состояния охраны труда в производственных подразделениях предприятия.

Главный инженер представляет в установленные сроки отчеты о производственном травматизме и об освоении средств на мероприятия по охране труда (формы 7-Т, 21-Т, 16-ВА, 13-АТ и др.), обеспечивает своевременное расследование аварий и несчастных случаев на производстве, участвует в расследовании аварий, тяжелых, групповых и смертельных несчастных случаев, профзаболеваний, профотравлений на производстве, в разработке

мероприятий по их предупреждению, рассматривает и утверждает акты о несчастных случаях (форма Н-1).

Руководитель службы охраны труда организует, координирует и контролирует работу по созданию и обеспечению безопасных и здоровых условий труда в производственных подразделениях предприятия в соответствии с Типовым положением об отделе охраны труда и техники безопасности производственного объединения, предприятия, организации.

Инженер по технике безопасности ведет следующую оперативную документацию по технике безопасности: журнал регистрации вводного инструктажа по технике безопасности; предписания по устранению нарушений правил техники безопасности и промсанитарии; журнал регистрации несчастных случаев, связанных с производством; акты несчастных случаев на производстве (форма Н-1); сообщения о последствиях несчастных случаев; протоколы проверки знаний по технике безопасности, протоколы оперативного контроля за состоянием техники безопасности; журнал выдачи удостоверений по технике безопасности; комплексный план на пятилетку по годам; соглашение по охране труда по номенклатурным мероприятиям; статистическую отчетность (формы 9-Т, 21-Т, 7-Т).

Главный механик обеспечивает в соответствии с нормами и правилами по охране труда организацию безопасной эксплуатации и своевременное проведение профилактических осмотров, планово-предупредительных ремонтов производственного оборудования и сооружений, закрепленных за ним, совершенствование механического оборудования в целях повышения безопасности его эксплуатации, ликвидации тяжелого и ручного труда, надзор, своевременное освидетельствование и испытание аппаратов и сосудов, работающих под давлением, грузоподъемных механизмов, грузозахватных и чалочных приспособлений, испытание абразивных кругов, предохранительных устройств; участвует в проведении трехступенчатого контроля состояния охраны труда, в том числе на соответствие производственного оборудования требованиям стандартов ССБТ, правил и норм охраны труда; организует обучение, аттестацию и проверку знаний по охране труда персонала службы главного механика, а также работников, обслуживающих грузоподъемные краны, сосуды, работающие под давлением, и другие механизмы в соответствии с правилами безопасности, разрабатывает инструкции по безопасному обслуживанию и ремонту производственного оборудования; участвует в расследовании аварий, несчастных случаев, связанных с эксплуатацией производственного оборудования, разрабатывает мероприятия по их предупреждению.

Функциональные обязанности других главных специалистов аналогичны обязанностям главного механика с учетом производственного оборудования и сооружений, закрепленных за ними.

Начальник цеха несет персональную ответственность за создание здоровых и безопасных условий труда в цехе; обеспечивает исправное состояние и безопасную эксплуатацию производственного оборудования, грузоподъемных и транспортных средств, оградительных и предохранительных устройств рабочих мест, проходов и проездов, санитарно-бытовых помещений и устройств в соответствии с требованиями ССБТ, правил и норм охраны труда; обеспечивает внедрение более совершенных производственных процессов, технологического оборудования, механизмов и приспособлений в целях повышения безопасности и улучшения условий труда; обеспечивает работающих средствами индивидуальной защиты.

Он организует своевременный и качественный инструктаж и обучение работающих безопасным методам труда, проверяет знания работающих; организует разработку и просмотр инструкций по безопасному ведению работ и обеспечивает ими работающих; проводит паспортизацию санитарно-технического состояния условий труда в цехе, рабочих мест и производственных объектов; организует уголок по охране труда, пропаганду безопасных приемов труда, оформляет наряды-допуски и организует выполнение работ повышенной опасности. В обязанности начальника цеха входит также доводить до сведения инженерно-технических работников цеха о происшедших на предприятии несчастных случаях; проводить совместно с представителем профсоюзного комитета трехступенчатый контроль состояния охраны труда в цехе,

разрабатывать мероприятия по повышению безопасности труда и улучшению условий труда; принимать участие в расследовании аварий, несчастных случаев, происшедших в цехе, разрабатывать мероприятия по предупреждению несчастных случаев и обеспечивать их выполнение.

Мастер участка (старший мастер, механик, энергетик цеха) несет персональную ответственность за создание безопасных условий труда на участке; обеспечивает организацию работ, эксплуатацию оборудования, механизмов и содержание рабочих мест в соответствии с требованиями системы стандартов ССБТ, правил и норм охраны труда, соблюдение работающими трудовой и производственной дисциплины, требований, инструкций по безопасному ведению работ, технологических режимов и регламентов, применение безопасных приемов труда; не допускает работы на неисправном оборудовании и применение неисправных инструментов, приспособлений; обеспечивает рациональное размещение материалов, инструментов, приспособлений на рабочих местах, не допускает захламленности проходов и проездов.

Он руководит работами в условиях повышенной опасности по заранее разработанным планам, проектам организации работ или нарядам-допускам; обеспечивает соблюдение установленных режимов труда и отдыха для работающих, следит за использованием и применением средств индивидуальной защиты; проводит первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий инструктажи и обучение работающих, не допускает к работе рабочих без спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты; участвует в проведении трехступенчатого контроля, в расследовании несчастных случаев, организует оказание первой помощи пострадавшему, информирует начальника цеха о происшедшем несчастном случае.

Бригадир, старший рабочий обязаны перед началом работ и в течение смены контролировать безопасное состояние всех рабочих мест, немедленно устранять обнаруженные нарушения правил техники безопасности, при невозможности устранить недостатки докладывать мастеру; ежедневно проверять наличие, состояние и использование применяющихся средств индивидуальной и коллективной защиты; в случае возникновения опасных ситуаций немедленно прекращать выполнение работ, при несчастном случае организовывать первую помощь пострадавшему и сообщать об этом мастеру.

2.3. Обучение безопасности труда и медицинское освидетельствование работающих

Согласно ГОСТ 12.0.004—79 обучение работающих безопасности труда проводится на всех предприятиях и в организациях независимо от характера и степени опасности производства при подготовке новых рабочих (вновь принятых рабочих, не имеющих профессии или меняющих профессию), проведении различных видов инструктажа, повышении квалификации.

Руководство обучением возлагается на руководителя предприятия или подразделения.

Вновь принятых или меняющих профессию рабочих безопасным приемам работы обучает в учебных мастерских (в цехах, на участках) инструктор, на рабочем месте — высококвалифицированный рабочий, бригадир, мастер, имеющий соответствующую подготовку.

Производственное обучение по охране труда вновь поступающих на работу осуществляется с помощью инструктажей. О проведении вводного инструктажа и проверке знаний делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа (личной карточке инструктажа) с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Вводный инструктаж проводит инженер отдела охраны труда в кабинете по охране труда по программе, учитывающей требования ССБТ. Вновь поступающего знакомят с правилами внутреннего распорядка, основами трудового законодательства, основными вредными и опасными факторами на предприятии, рассказывают об ответственности за несоблюдение норм и правил охраны труда. После этого делается запись в журнале регистрации вводного инструктажа и личной карточке.

Остальные инструктажи проводят непосредственные руководители работ.

Первичный инструктаж на рабочем месте — это индивидуальное ознакомление с профессиональными инструкциями, безопасными приемами и методами работ. При этом излагаются общие сведения о технологическом процессе и устройстве оборудования, порядке его подготовки и проверки, средствах индивидуальной защиты, мерах предупреждения пожаров, схемах безопасного передвижения по цеху, требования при работе с внутрицеховым транспортом, грузоподъемными средствами и механизмами.

Все рабочие после первичного инструктажа на рабочем месте и проверки знаний в течение 2—5 смен выполняют работу под наблюдением мастера или бригадира. После этого оформляется допуск к самостоятельной работе, на котором ставится дата и подпись инструктирующего, одновременно проводится регистрация в журнале и личной карточке инструктируемого.

Повторный инструктаж проводят с целью проверки и повышения уровня знаний правил и инструкций по охране труда индивидуально или с группой работников одной профессии, бригады по программе инструктажа на рабочем месте. Повторный инструктаж проходят все работающие, независимо от квалификации, образования и стажа работы не реже чем через 6 мес, кроме лиц, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением сырья и материалов.

Внеплановый инструктаж проводят при изменении правил по охране труда; изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда; нарушении работниками требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару; при перерывах в работе: для работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда,— более чем на 30 календарных дней, для остальных — 60 дней.

Внеплановый инструктаж следует проводить индивидуально или с группой работников одной профессии в объеме первичного инструктажа на рабочем месте. При проведении внепланового инструктажа указывается причина, его вызвавшая.

Текущий инструктаж проводят перед работами, связанными с повышенной опасностью, на которые оформляется наряд-допуск. Проведение текущего инструктажа фиксируется в наряде-допуске.

Обучение безопасности труда при повышении квалификации осуществляется на курсах повышения квалификации или на курсах по безопасности труда.

Программа повышения квалификации должна содержать темы по охране труда с включением в них сведений о стандартах ССБТ.

После окончания курсов повышения квалификации проводится проверка знаний (экзамен) по безопасности труда в порядке, установленном Госпрофобром СССР по согласованию с ВЦСПС. Знания проверяют индивидуально путем опроса или с применением технических средств.

Повышение знаний инженерно-технических работников по безопасности труда осуществляется при повышении квалификации на специальных курсах по охране труда; в институтах повышения квалификации; на курсах при научно-исследовательских институтах и предприятиях, а также на факультетах и курсах повышения квалификации при высших учебных заведениях.

Программа повышения квалификации ИТР разрабатывается и утверждается министерствами (ведомствами) по согласованию с соответствующими ЦК профсоюзов.

После окончания обучения ИТР проводится проверка знаний.

Периодичность повышения квалификации ИТР — не реже одного раза в 6 лет.

В соответствии с Типовым положением о проверке знаний руководящими и инженерно-техническими работниками правил, норм и инструкций по технике безопасности, утвержденным по согласованию с ВЦСПС, Госпроматомнадзором СССР 22 ноября 1968 г., начальники цехов (шахт, карьеров, фабрик), главные специалисты, их заместители и помощники сдают экзамен раз в 3 года, остальные инженерно-технические работники — не реже одного раза в год. Внеочередная проверка знаний ИТР проводится при вводе новых или переработанных правил безопасности; при назначении на работу впервые

или при переводе работника на другую должность; по указанию руководителя предприятия или технической инспекции.

В соответствии с Основами и ст. 169 КЗОТ УССР рабочие и служащие, занятые на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с движением транспорта, проходят обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры для определения пригодности их к поручаемой работе и предупреждения профессиональных заболеваний.

Все лица моложе 18 лет принимаются на работу после предварительного медицинского осмотра и в дальнейшем, до достижения восемнадцати лет, ежегодно подлежат обязательному медицинскому осмотру (ст. 191 КЗОТ УССР).

2.4. Надзор и контроль в области охраны труда

Важной гарантией обеспечения охраны труда рабочих и служащих является неукоснительное соблюдение трудящимися и администрацией требований и норм советского трудового законодательства.

Результат работы в области охраны труда и техники безопасности определяется повседневным квалифицированным государственным надзором, внутриведомственным и общественным контролем.

В соответствии с Основами и ст. 259 КЗОТ УССР надзор и контроль за соблюдением законов о труде осуществляют специальные государственные органы и профессиональные союзы, Советы народных депутатов и их исполнительные и распорядительные органы, министерства и ведомства.

Высший надзор за точным исполнением законов о труде всеми министерствами и ведомствами, предприятиями, учреждениями и организациями и их должностными лицами возлагается на Генерального прокурора СССР и всю систему органов прокуратуры.

Общественный контроль за соблюдением законодательства по охране труда на предприятии осуществляют профсоюзные организации через общественных инспекторов и комиссии по охране труда, состав которых утверждается профсоюзным комитетом.

Комиссии создаются при заводских и цеховых комитетах профсоюза, а общественные инспектора по охране труда избираются во всех профсоюзных группах. Содержание и порядок работы общественных инспекторов и комиссий охраны труда определены положением, утвержденным ВЦСПС.

Соблюдение законодательства и нормативных актов по безопасности труда на предприятиях контролируют Госпроматомнадзор СССР, Госэнергонадзор СССР, Государственный санитарный надзор Министерства здравоохранения СССР, Государственный пожарный надзор СССР Главного управления пожарной охраны Министерства внутренних дел СССР (ГУПО МВД СССР).

Госпроматомнадзор СССР имеет свои комитеты в союзных республиках, управлениях округов, районные горнотехнические инспекции и участковых инспекторов на местах.

Госпроматомнадзор осуществляет надзор в угольной, горнорудной, горнохимической, металлургической и нефтеперерабатывающей промышленности, в геологоразведочных экспедициях и партиях, а также при устройстве и эксплуатации грузоподъемных устройств, котельных установок и сосудов, работающих под давлением, трубопроводов для пара и горячей воды, объектов, связанных с добычей, использованием, транспортировкой и хранением газа, при ведении взрывных работ в промышленности.

Инспекторскому составу комитета предоставлено право посещать в любое время поднадзорные предприятия, обследовать их, давать руководителям предприятий обязательные для исполнения указания о приостановке работ, выводе рабочих, опечатывании мест работы или агрегатов при выявлении нарушений правил, норм и инструкций по технике безопасности, которые угрожают жизни людей или могут привести к возникновению аварий.

Госэнергонадзор СССР осуществляет надзор за проведением мероприятий, обеспечивающих безопасное обслуживание энергетических и теплоиспользующих установок.

Руководящий и инспекторский состав Госэнергонадзора и его органов имеют право беспрепятственного доступа в любое время суток к электрическим и теплоиспользующим установкам, полномочны давать обязательные для всех потребителей предписания по вопросам применения правил устройства электроустановок, правил техники безопасности, требовать от руководителей предприятий и организаций немедленного отключения электрических установок при обнаружении состояния, угрожающего аварией, пожаром.

Государственный санитарный надзор осуществляет государственная санитарная инспекция Министерства здравоохранения СССР и союзных республик через систему санитарно-эпидемиологических станций (СЭС) республик, краев и областей, городов, районов. Эти станции следят за соблюдением гигиенических норм и санитарных правил при проектировании, строительстве и реконструкции предприятий. Кроме того, они ведут общий надзор за загрязнением внешней среды (водоемов, почвы и атмосферного воздуха) вредными промышленными выбросами.

Государственный пожарный надзор возложен на Главное управление пожарной охраны Министерства внутренних дел СССР, управление союзных республик и их местные органы в системе Советов народных депутатов. Органы пожарного надзора контролируют выполнение противопожарных мероприятий на предприятиях, безопасность пожарных служб и исправность средств пожаротушения, соблюдение правил пожарной безопасности при проектировании новых производств, участвуют в приемке объектов в эксплуатацию.

Государственный контроль за безопасностью труда осуществляют также профессиональные союзы и их техническая и правовая инспекция труда.

Права и обязанности технических инспекторов труда определены Положением о технической инспекции труда, которое утверждено Постановлением Президиума ВЦСПС от 26 августа 1977 г.

Технические инспектора труда осуществляют контроль и надзор за соблюдением законодательства о труде, правил и норм охраны труда, и в первую очередь за соответствием технологических процессов, производственных помещений, оборудования, транспортных средств требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

Технические инспектора труда наделены правом давать администрации обязательные для исполнения распоряжения об устранении нарушений законодательства о труде и правил по охране труда, а также запрещать работы на отдельных производственных участках или машинах, если продолжение таких работ может причинить вред здоровью работающих либо вызвать аварию, налагать на должностных лиц в установленных размерах штрафы за нарушения правил и норм по охране труда, ставить перед соответствующим профсоюзом вопрос о прекращении работ, если их проведение не отвечает требованиям безопасности труда.

Правовая инспекция труда контролирует соблюдение законодательства о приеме на работу, переводах и увольнениях, ведении трудовых книжек, режиме рабочего времени и отдыха, об оплате труда, гарантиях и компенсациях, трудовой дисциплине и материальной ответственности рабочих и служащих. Правовой инспектор вправе давать администрации обязательные для нее предписания об устранении выявленных нарушений трудового законодательства.

Комиссия по охране труда проводит обследование цехов и рабочих мест, знакомится с необходимой документацией, заслушивает на своих заседаниях сообщения хозяйственных руководителей цехов, отделов, смен и участков по вопросам трудового законодательства, технике безопасности и производственной санитарии.

Общественные инспектора в цехах и на участках проверяют соответствие рабочих мест требованиям охраны труда и добиваются проведения всех мероприятий по предупреждению несчастных случаев, профессиональных заболеваний и отравлений. Мастера, начальники смен и участков, начальники цехов и другие лица административно-технического персонала, не выполняющие предложений общественных инспекторов, привлекаются к дисциплинарной ответственности. В отдельных случаях технический инспектор труда налагает на виновных денежный штраф.

Трехступенчатый (административно-общественный) контроль в системе управления безопасностью труда проводится на участке цеха — первая ступень, в цехе — вторая, на предприятии в целом — третья.

Первая ступень контроля осуществляется руководителем соответствующего участка (мастером, начальником участка, начальником смены) и общественным инспектором ежедневно в начале рабочего дня (смены), а при необходимости (работы с повышенной опасностью и др.) и в течение рабочего дня (смены). К проверке состояния условий труда на производственном участке рекомендуется привлекать дежурных по охране труда.

На первой ступени рекомендуется проверять выполнение мероприятий по устранению нарушений, выявленных предыдущей проверкой; состояние и правильность организации рабочих мест; состояние проходов, переходов, проездов; безопасность технологического оборудования, грузоподъемных и транспортных средств; соблюдение работающими правил электробезопасности при работе на электроустановках и с электроинструментом. Контроль на первой ступени предполагает также проверку соблюдения правил складирования заготовок и готовой продукции; исправности приточной и вытяжной вентиляции, местных отсосов, пыле- и газоулавливающих устройств; соблюдения правил безопасности при работе с вредными и пожаровзрывоопасными веществами и материалами; наличия и соблюдения работающими инструкций по охране труда; наличия и правильности использования работающими средств индивидуальной защиты; наличия у работающих удостоверений по технике безопасности, нарядов-допусков на выполнение работ с повышенной опасностью.

Устранение выявленных нарушений, как правило, должно проводиться незамедлительно под непосредственным надзором руководителя участка. При невозможности устранить выявленные недостатки своими силами руководитель участка должен по окончании осмотра доложить об этом вышестоящему начальнику для принятия соответствующих мер.

В случае грубого нарушения правил и норм охраны труда, которое может причинить ущерб здоровью работающих или привести к аварии, работа приостанавливается до устранения этого нарушения.

Результаты проверки записываются в журнал первой ступени контроля, который должен храниться у руководителя участка.

Руководитель участка и общественный инспектор по охране труда на сменных собраниях информируют свой коллектив о нарушениях, выявленных в результате проверки на первой ступени контроля и о принятых мерах.

Ежедневно в конце смены руководитель участка отчитывается перед руководством цеха о состоянии охраны труда на производственном участке.

Вторая ступень трехступенчатого контроля проводится комиссией, возглавляемой начальником цеха и старшим общественным инспектором по охране труда цеха, не реже двух раз в месяц. В состав комиссии входят руководители (представители) технических служб цеха, инженер отдела охраны труда предприятия и медработник, закрепленные за цехом.

На второй ступени трехступенчатого контроля рекомендуется проверять организацию и результаты работы первой ступени контроля; выполнение приказов и распоряжений руководителя предприятия, начальника цеха, решений профсоюзного комитета, предложений общественных инспекторов по охране труда; проведение мероприятий по предписаниям и указаниям органов надзора и контроля, изучение расследования несчастных случаев; исправность производственного оборудования, транспортных средств и соответствие технологических процессов требованиям стандартов безопасности труда и другой нормативно-технической документации по охране труда. Вторая ступень включает контроль соблюдения работающими правил электробезопасности при работе на электроустановках и с электроинструментом, графиков планово-предупредительных ремонтов; наличия и состояния защитных, сигнальных и противопожарных средств и устройств, контрольно-измерительных приборов; соблюдения правил безопасности при работе с вредными и пожаровзрывоопасными веществами и материалами; состояния санитарно-бытовых помещений и устройств; обеспечения работающих лечебно-профилактическим питанием, молоком и другими профилактическими средствами; соблюдения установленного режима труда и отдыха, трудовой дисциплины.

Результаты проверки записываются в журнале второй ступени контроля. При этом комиссия намечает мероприятия, а начальник цеха назначает исполнителей и сроки исполнения.

Начальник цеха и старший общественный инспектор по охране труда ежемесячно информируют свой коллектив о состоянии охраны труда в цехе и о ходе выполнения мероприятий, намеченных комиссиями второй и третьей ступеней трехступенчатого контроля.

Один раз в месяц начальник цеха должен отчитываться перед руководителем предприятия и профсоюзным комитетом о состоянии охраны труда в цехе.

Третья ступень трехступенчатого контроля проводится комиссией, возглавляемой руководителем или главным инженером предприятия и председателем комитета профсоюза, не реже одного раза в квартал (как правило один раз в месяц).

В состав комиссии входят заместитель главного инженера по охране труда, председатель комиссии охраны труда профсоюзного комитета, руководители технических служб (по принадлежности), руководитель технадзора за зданиями и сооружениями, начальник пожарной службы, начальник газоспасательной службы, руководитель медицинской службы предприятия. Рекомендуется привлекать внештатных технических инспекторов труда.

Проверка проводится в присутствии руководителя и старшего общественного инспектора по охране труда проверяемого подразделения.

Крупное предприятие, проверка которого за один обход невозможна, проверяется по отдельным цехам (объектам) по годовому графику, составленному с таким расчетом, чтобы в течение года был обследован каждый цех не менее 4 раз, а цехи с повышенной опасностью и неблагополучные в отношении безопасности труда — не менее 6 раз.

На третьей ступени трехступенчатого контроля проверяют те же позиции, что и на второй ступени, но, кроме того, дополнительно проверяют организацию и результаты работы первой и второй ступеней контроля; выполнение мероприятий, намеченных в результате проведения третьей ступени контроля; выполнение приказов и распоряжений вышестоящих хозяйственных организаций; выполнение мероприятий, предусмотренных комплексными планами, коллективными договорами, соглашениями по охране труда и другими документами; выполнение мероприятий по материалам расследования тяжелых и групповых несчастных случаев и аварий; наличие и правильность ведения паспорта санитарно-технического состояния условий труда в цехе; организацию внедрения стандартов безопасности труда; состояние кабинетов по охране труда; организацию и качество проведения обучения и инструктажей работающих по безопасности труда.

Результаты проверки оформляются актом и в недельный срок обсуждаются на совещании у руководителя предприятия с участием профсоюзного актива, начальников цехов и участков (мастеров).

Материалы совещания оформляются протоколом с указанием мероприятий по устранению выявленных недостатков и нарушений, сроков исполнения и ответственных лиц. В необходимых случаях руководителем предприятия издается соответствующий приказ.

2.5. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда

Определяющей и ведущей функцией управления охраной труда является планирование организационно-технических мероприятий по охране труда.

На каждом предприятии разрабатываются перспективные (пятилетние), текущие (годовые), оперативные (квартальные, месячные, декадные) планы по охране труда.

Перспективный комплексный план разрабатывается на основе пятилетнего плана экономического и социального развития предприятия с учетом роста объемов производства, повышения производительности труда, с разбивкой по годам пятилетки. Основу плана составляют мероприятия по сокращению уровня тяжелого физического и ручного труда, высвобождению работни-

ков, занятых на работах с вредными условиями (особенно женщин и подростков), улучшению санитарно-гигиенических и санитарно-бытовых условий.

Текущий (годовой) план составляется на основе номенклатурных мероприятий по охране труда, которые включают в комплексный договор с учетом данных комплексного плана улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мер, паспорта санитарно-технического состояния цехов и производственных участков, анализа причин производственного травматизма и заболеваемости, предложений рабочих,служащих, органов государственного надзора и технической инспекции труда профсоюза. Данные мероприятия включаются в специальный раздел промфинплана.

Номенклатура мероприятий по охране труда утверждается Президиумом ВЦСПС на каждые пять лет.

Оперативное планирование (квартальные, месячные, декадные планы) осуществляет начальник цеха и старший общественный инспектор по охране труда и согласовывает со службой по охране труда. Контроль за их выполнением возлагается на начальника цеха и профсоюзный комитет.

Важной правовой формой планирования мероприятий по охране труда на предприятиях являются коллективные договора и соглашения по охране труда.

Коллективный договор заключается профсоюзным комитетом от имени трудового коллектива с администрацией в лице руководителя после обсуждения и принятия по нему решения трудовым коллективом.Трудовой коллектив уполномочивает профсоюзный комитет подписать этот договор (Положение о порядке заключения коллективных договоров от 28 сентября 1984 г.).

В соглашениях по охране труда конкретизируются, уточняются и дополняются мероприятия по охране труда с разбивкой по участкам, цехам, агрегатам, с установлением сроков проведения каждого мероприятия, указанием лиц, ответственных за их проведение, и ассигнований, выделяемых на осуществление каждого мероприятия.

Мероприятия по охране труда должны быть обеспечены проектно-сметно-конструкторской и другой технической документацией, финансированием и материальными ресурсами.

Эти мероприятия финансируются за счет средств цеховых и общепроизводственных (эксплуатационных) расходов (накладных расходов в строительных организациях и на стройках, осуществляемых хозяйственным способом), если мероприятия носят некапитальный характер; сметы расходов бюджетных организаций и учреждений,если мероприятия носят некапитальный характер; предусмотренных в плановых калькуляциях (сметах) затрат, необходимых на создание безопасных условий труда при выполнении хоздоговорных и научно-исследовательских работ; амортизационного фонда, предназначенного на капитальный ремонт, если мероприятия проводятся одновременно с капитальным ремонтом основных средств; банковского кредита, если мероприятия входят в комплекс кредитуемых банком затрат по внедрению новой техники или расширению производства; государственных капитальных вложений, включая фонд развития производства, если мероприятия являются капитальными.

На проведение мероприятий по охране труда в масштабе отрасли, включая проведение научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, разработку типовых инструкций, отраслевых стандартов, правил, создание диафильмов, кинофильмов по охране труда, пропаганду в области охраны труда, предприятия (объединения) ежегодно отчисляют в фонд министерства (ведомства) не менее 5 % стоимости мероприятий по охране труда,финансируемых за счет эксплуатационных расходов. Министерство расходует эти средства по согласованию с ЦК профсоюза.

Денежные средства и материальные ресурсы, предназначенные для выполнения конкретных мероприятий по охране труда, запрещается использовать на другие цели (ст. 62 Основ). Сэкономленные средства и ресурсы могут по согласованию с комитетом профсоюза предприятия расходоваться на проведение дополнительных мероприятий по охране труда.Трудовые коллективы контролируют использование средств, предназначенных на охрану труда. Отчет об освоении средств на мероприятия по охране труда составляют по форме, утвержденной Государственным комитетом СССР по статистике.

Глава 3

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА

Понятие «условия труда» включает в себя совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье, работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 19605—74).

Безопасность трудового процесса характеризуется параметрами безопасности трудовых операций при выполнении нормированных заданий. Нарушением параметров безопасности трудовых операций является возникновение опасных или вредных (или тех и других одновременно) производственных факторов, если их проявление не связано с нарушением параметров безопасности оборудования и производственных процессов.

Общая безопасность труда является совокупностью трех составляющих: безопасности производственного процесса; безопасности производственного оборудования; безопасности трудового процесса.

3.1. Классификация производственных опасных и вредных факторов

Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называют такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности (ГОСТ 12.0.002—80).

По природе воздействия опасные и вредные производственные факторы в соответствии с принятой классификацией (ГОСТ 12.0.003—74) подразделяются на четыре группы.

Группа физически опасных и вредных производственных факторов (26 групп) включает: движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статистического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенная яркость света; пониженная контрастность; прямая и отраженная блесткость; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации.

Группа химически опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на 6 подгрупп: общетоксические, действующие на центральную нервную систему, кровь и кроветворные органы (сероводород, ароматические углеводороды, оксид углерода и др.); раздражающие, т. е. действующие на слизистые оболочки глаз, носа, гортани, кожный покров (пары щелочей и кислот, оксиды азота, аммиак, серный и сернистый ангидрид); сенсибилизирующие вещества, которые после относительно непродолжительного воздействия на организм вызывают повышенную чувствительность к ним, т. е. быстро развиваются реакции, вызывающие кожные заболевания, астматические явления, болезнь крови; (ртуть, альдегиды, ароматические нитро-, нитрозо- и амминосоединения); канцерогенные, приводящие к развитию злокачественных (раковых) опухолей (продукты перегонки нефти, сажа, деготь); мутагенные, вызывающие

нарушение наследственного аппарата человека, отражающиеся на его потомстве (соединения свинца, ртути, оксид этилена); влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные вещества и др.).

Эта группа факторов делится на три группы: действующие через дыхательные пути; через пищеварительную систему; через кожный покров.

Группа биологически опасных и вредных производственных факторов включает биологические объекты, воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания: микроорганизмы (бактерии, вирусы риккатсии, спирохеты, грибы простейшие) и макроорганизмы (растения, животные).

Группа психофизиологически опасных и вредных производственных факторов по характеру действия подразделяется на перегрузки физические (статистические, динамические, гиподинамия) и нервнопсихические (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные).

Классификация опасных и вредных производственных факторов является методологической основой для их выявления, систематизации в зависимости от специфики технологии и применяемого оборудования и разработки мер, предупреждающих их воздействие на человека.

Отравление вредными веществами возможно только при их концентрации в воздухе рабочей зоны, превышающей предельно допустимую концентрацию (ПДК).

Предельно допустимые концентрации — это концентрации, которые при ежедневной работе (кроме выходных) за восьмичасовой и другой продолжительности рабочий день, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

По степени воздействия на организм человека в зависимости от ПДК (ГОСТ 12.1.007—80) вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности: I — чрезвычайно опасные, ПДК — не более 0,1 мг/м^3; II — высокоопасные, ПДК — 0,1—1; III — умеренно опасные, ПДК — 1,1—10; IV — малоопасные, ПДК — более 10 мг/м^3.

Характер действия на организм человека, класс опасности некоторых металлов, их ПДК в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005—88) и в питьевой воде (ГОСТ 2874—82) приведены в табл. 1.

В результате воздействия неблагоприятных факторов производственной среды возможны несчастные случаи и профессиональные заболевания. Производственная травма — это травма, полученная работающим на производстве и вызванная несоблюдением требований безопасности труда (ГОСТ 12.0.002—80). К травмам относятся ушибы, переломы, ранения, ожоги, поражения электрическим током и т. д. Следствием производственной травмы может быть временная или постоянная потеря трудоспособности, возможен и смертельный исход. Совокупность производственных травм называют производственным травматизмом.

Профессиональное отравление — это нарушение здоровья, вызванное ядовитыми веществами при их проникновении в организм человека в условиях производства. Профессиональные отравления могут быть острыми и хроническими.

Профессиональное заболевание — заболевание, вызванное действием на работающего вредных условий труда (ГОСТ 12.0.002—80).

В ряде случаев бывает трудно провести резкую грань между опасными и вредными производственными факторами. Так, ионизирующее излучение при длительном воздействии слабым источником может привести к профессиональному заболеванию (лейкоцитоз), а при кратковременном излучении мощным источником — к производственной травме — лучевому поражению.

При использовании химических веществ необходимо строго соблюдать правила обращения с несовместимыми химическими веществами (табл. 2), которые хранить, перевозить и использовать одновременно запрещается.

1. Токсикологическая характеристика металлов

Металл	Характер действия на организм человека	Пути проникновения	Класс опасности	ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³	ПДК вредных веществ в питьевой воде, мг/дм³
Алюминий	Пыль вызывает раздражение слизистой оболочки глаз, носа, рта; поражение легких (алюминоз легких)	Органы дыхания	3	2,0	0,5
Вольфрам	Пыль, окись вольфрама вызывают нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта, раздражение верхних и глубоких дыхательных путей Уколы проволоки плохо заживают	Органы дыхания	3	6	—
Кадмий	Пыль, окись вызывают поражение центральной нервной системы, внутренних органов; нарушение фосфорно-кальциевого обмена, поражение желудочно-кишечного тракта	Органы дыхания	1	0,1	—
Кобальт	Пыль вызывает нарушение углеводородного обмена, изменение строения и функции щитовидной железы, поражение сердечно-сосудистой системы, пищеварительного тракта Порошкообразные отходы вызывают возникновение острого дерматита	Органы дыхания Кожный покров	2	0,5	—
Магний	Пыль, окись вызывают воспалительно-гнойные процессы кожного покрова	Кожный покров	2	1,0	15
Медь	Пыль, окись вызывают раздражение верхних дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта; функциональные расстройства нервной системы	Органы дыхания, желудочно-кишечный тракт	2	1,0	1,0
Молибден	Пыль, окись вызывают функциональные нарушения обменных процессов	Органы дыхания, желудочно-кишечный тракт	3	4	0,5
Никель	Пыль оказывает токсическое действие, вызывая нарушение центральной нервной системы, снижение кровяного давления; вызывает аллергическое заболевание кожи Пары электролитов, соли оказывают канцерогенное действие; бронхиальный рак, рак носа, легких, желудка	Органы дыхания Кожный покров, органы дыхания	1	0,05	

Металл	Характер действия на организм человека	Пути проникновения	Класс опасности	ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³	ПДК вредных веществ в питьевой воде, мг/дм³
	Соли оказывают токсическое действие: поражение кожи («никелевая экзема», «никелевая чесотка»)	Кожный покров			
Олово	Пыль, окись вызывают заболевание легких, хронический бронхит, дыхательную недостаточность	Органы дыхания	—		—
Титан	Пыль вызывает раздражение органов дыхания	Органы дыхания	4	10	—
Цинк	Пыль, окись вызывают заболевание желудочно-кишечного тракта	Органы дыхания	3	6	5
Ртуть	Пары вызывают нарушение кальциевого обмена, изменение белков крови, снижение защитных функций организма, поражение центральной нервной системы, пищеварительного тракта	Органы дыхания	1	0,01	—
Свинец	Окись свинца вызывает нарушение обменных процессов, поражение нервной системы, малокровие, язвенные болезни, нарушение энергетического баланса клетки	Органы дыхания, пищеварительный тракт	1	0,01	0,1

2. Несовместимые химические вещества

Химическое вещество	Вещество, с которым не следует совмещать
Активированный уголь	Гипохлорид кальция и продукты окисления
Аммиак (газ)	Ртуть, хлор, йод, бром, фтористоводородная кислота (безводная), гипохлорид кальция
Ацетилен	Хлор, бром, медь, фтор, серебро, ртуть
Йод	Минеральные и органические кислоты, ацетилен, аммиак, аммиачная вода, водород
Калий, натрий	Четыреххлористый углерод, углекислый газ, вода
Перекись водорода	Медь, хром, железо, многочисленные металлы и их соли, ацетон, органические продукты, анилин, все горючие жидкости
Серная кислота	Хлорат калия, перхлорат калия, перманганат и другие соединения с легкими металлами
Сероводород	Азотная кислота (дымящаяся), окислительные газы
Углеводороды (бутан, пропан, бензол, легколетучие растворители, скипидар и др.)	Фтор, хлор, бром, хромовая кислота, окислители

Химическое вещество	Вещество, с которым не следует совмещать
Хлор	Аммиак, ацетилен, бутан, метан, пропан, водород, скипидар, бензол, тонкоизмельченные порошки
Щелочные металлы (алюминий в порошке, магний, натрий)	Четыреххлористый углерод и другие хлорированные углеводороды, галогены, угольный ангидрид

3.2. Расследование и учет несчастных случаев, профессиональных отравлений и заболеваний

Причиной производственного несчастного случая следует считать фактор или группу взаимодействующих факторов, связанных с производством, которые вызывают те или иные повреждения организма человека. В большинстве своем производственные несчастные случаи являются многопричинными.

Общепринятой классификации причин несчастных случаев на производстве не существует, однако их можно сгруппировать, как показано на рис. 1.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве регламентируется «Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве», утвержденным постановлением Президиума ВЦСПС от 13 августа 1982 г., № 11—6.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие на территории предприятия, вне территории предприятия при выполнении пострадавшим трудовых обязанностей, задания администрации предприятия, руководителя работ (бригадира, мастера, начальника смены, участка и т. д.), а также при следовании на предоставленном предприятием транспорте на работу или с работы.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие как в течение рабочего времени (включая установленные перерывы), так и в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства, одежды перед началом или по окончании работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время, в выходные и праздничные дни.

Несчастный случай на производстве, вызвавший потерю у работника трудоспособности не менее одного дня, или несчастный случай, вызвавший необходимость перевода его с работы по основной профессии на другую работу оформляются актом по форме Н-1.

Рабочие дни, на которые работник переведен на другую работу в связи с несчастным случаем, указываются в пункте 17.1 акта формы Н-1 и в отчет по травматизму не вносятся.

Администрация предприятия обязана выдать заверенную копию акта формы Н-1 о несчастном случае пострадавшему или другому заинтересованному лицу не позднее трех дней с момента окончания по нему расследования.

Акт формы Н-1 с материалами расследования подлежит хранению в течение 45 лет на предприятии, где взят на учет несчастный случай.

Несчастный случай может быть признан не связанным с производством, если в результате расследования установлено,что он произошел при изготовлении пострадавшим в личных целях без разрешения администрации каких-либо предметов или самовольном использовании в личных целях транспортных средств, механизмов, оборудования, инструмента, принадлежащих предприятию; при спортивных играх на территории предприятия; при хищении материалов, инструментов или других предметов и материальных ценностей; в результате опьянения, если оно явилось следствием употребления работником алкоголя или применяемых в производственных процессах технических спиртов, ароматических, наркотических и других подобных веществ.

Примечание: Если в результате расследования установлено, что хотя травма и связана с опьянением, но основной технической или организацион-

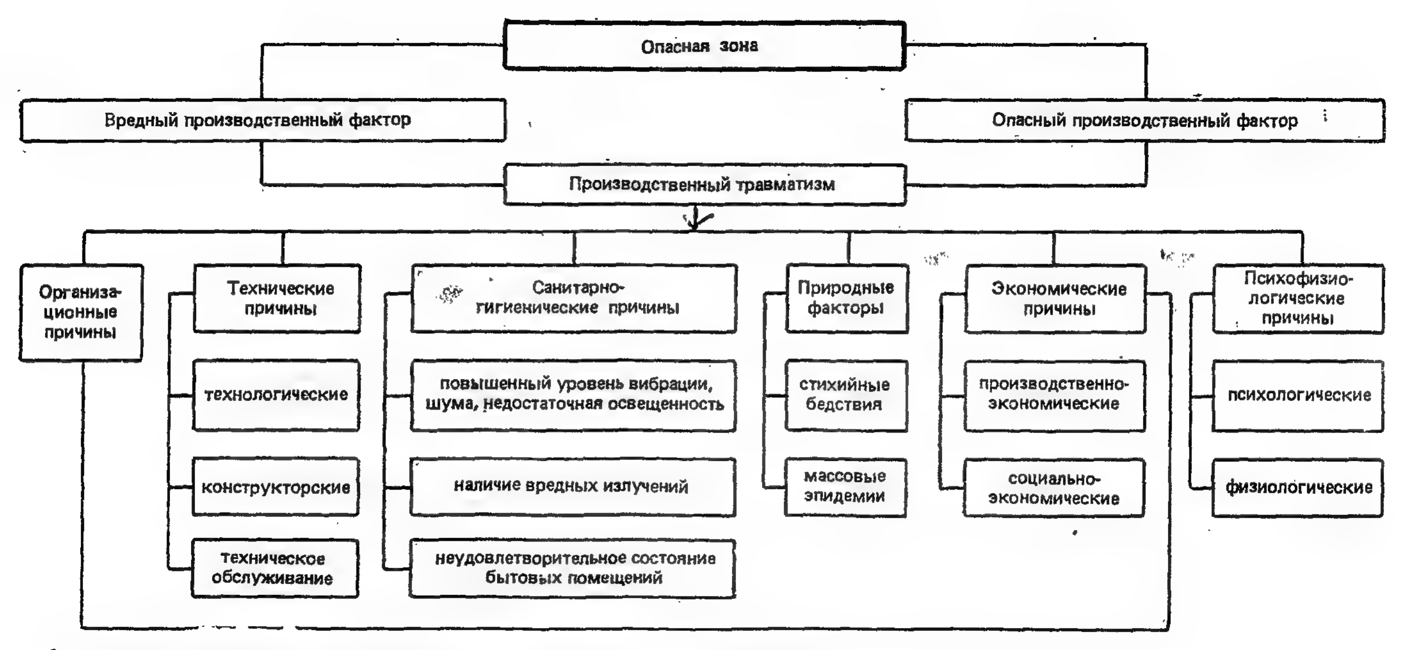


Рис. 1. Классификационная схема причин производственного травматизма.

ной причиной ее явилось нарушение правил и норм охраны труда (неудовлетворительное состояние оборудования, проходов, освещения, необученность пострадавшего, неправильная организация или отсутствие надзора за ведением работ), то несчастный случай должен быть признан связанным с производством.

Администрация предприятия, придя к выводу об отсутствии связи несчастного случая с производством, обязана вынести этот вопрос на рассмотрение профсоюзного комитета.

При согласии профсоюзного комитета с выводом администрации на акте формы Н-1 (в правом верхнем углу) делается запись: « Несчастный случай не связан с производством. Постановление профсоюзного комитета от_____, протокол №_____». Эта запись удостоверяется печатью.

Несчастный случай, не связанный с производством, учитывается отдельной строкой в формах отчетности по травматизму, утвержденных Госкомстатом СССР.

При несогласии профсоюзного комитета с выводом администрации предприятия указанная запись не делается, несчастный случай считается связанным с производством.

Ответственность за правильное и своевременное расследование и учет несчастных случаев, оформление актов формы Н-1, выполнение мероприятий, указанных в актах, несет руководитель предприятия, руководители структурных подразделений и производственных участков предприятия.

Правильное и своевременное расследование и учет несчастных случаев на предприятии, а также выполнение мероприятий по устранению причин, вызвавших несчастный случай, контролируют вышестоящие хозяйственные органы, министерства, ведомства, профсоюзный комитет предприятия, общественные инспектора по охране труда, техническая инспекция труда, советы и комитеты профсоюзов, органы Госпроматомнадзора СССР, Госэнергонадзора и другие органы государственного надзора на подконтрольных им предприятиях.

В случае отказа администрации в составлении акта по форме Н-1,а также при несогласии пострадавшего или другого заинтересованного лица с содержанием акта или квалификацией несчастного случая пострадавший или другое заинтересованное лицо вправе обратиться по этим вопросам в профсоюзный комитет предприятия.

Профсоюзный комитет предприятия в срок не более 7 дней должен рассмотреть заявление пострадавшего или другого заинтересованного лица и принять решение, являющееся обязательным для исполнения администрацией. При необходимости профсоюзный комитет запрашивает заключение технического инспектора труда.

Разногласия между технической инспекцией труда центрального комитета и совета профсоюзов о связи несчастного случая с производством и его учете разрешает отдел охраны труда ВЦСПС.

Начальник цеха или руководитель подразделения, где произошел несчастный случай, обязан немедленно сообщить об этом руководителю и профсоюзному комитету предприятия.

Администрация предприятия создает комиссию по расследованию несчастного случая в составе начальника цеха или руководителя соответствующего подразделения, начальника отдела (инженера) охраны труда и техники безопасности предприятия (цеха), общественного (старшего общественного) инспектора по охране труда или другого представителя профсоюзного комитета предприятия.

Комиссия по расследованию несчастного случая обязана в течение 24 ч расследовать обстоятельства и причины, при которых произошел несчастный случай; составить акт по форме Н-1 в 4 экземплярах, разработать мероприятия по предупреждению несчастных случаев и направить их руководителю предприятия для утверждения.

Все несчастные случаи, оформленные актом по форме Н-1, регистрируются на предприятии в журнале.

Руководитель предприятия (главный инженер, главный специалист) обязан немедленно принять меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай, и после окончания расследования в течение суток рассмотреть

и утвердить акт по форме Н-1, направить по одному экземпляру утвержденного акта начальнику цеха, начальнику отдела (инженера) охраны труда и техники безопасности, профсоюзному комитету и техническому инспектору труда, контролирующему предприятие.

Несчастный случай, происшедший на предприятии с работником, направленным другим предприятием для выполнения задания, расследуется комиссией, создаваемой администрацией предприятия, где произошел несчастный случай.

Руководитель предприятия, где произошел несчастный случай, обязан незамедлительно сообщить об этом на предприятие, работником которого является пострадавший.

В пункте 8 акта формы Н-1 указывается предприятие, которое направило пострадавшего. Несчастный случай учитывается предприятием, работником которого является пострадавший.

Несчастный случай, происшедший с работником (учащимся, студентом), направленным в установленном порядке на другое предприятие и выполнявшим там работу под руководством его персонала, расследуется и учитывается этим предприятием. В расследовании несчастного случая, как правило, принимает участие представитель предприятия (учебного заведения), направившего работника (учащегося, студента).

Несчастный случай, происшедший с работником при выполнении работы по совместительству, расследуется и учитывается предприятием по месту, где выполняется работа по совместительству.

Несчастный случай, происшедший на предприятии с учащимися общеобразовательной школы, профтехучилища, среднего специального учебного заведения, студентом вуза, проходящим практику под руководством персонала этого предприятия, расследуется комиссией по расследованию несчастного случая совместно с представителем учебного заведения и учитывается предприятием. Если практика проходила под руководством работника учебного заведения на выделенном предприятием для этих целей участке, то несчастный случай расследуется комиссией совместно с представителем предприятия и учитывается учебным заведением.

Копии акта по форме Н-1 высылаются по одному экземпляру администрации и профсоюзному комитету на место постоянной работы или учебы пострадавшего.

Специальному расследованию подлежат групповой несчастный случай, происшедший одновременно с двумя и более работниками, независимо от тяжести травм пострадавших; несчастный случай с тяжелым исходом (заключение о тяжести травмы выдается лечебным учреждением); несчастный случай со смертельным исходом.

О групповом несчастном случае, несчастном случае с тяжелым исходом, несчастном случае со смертельным исходом руководитель предприятия обязан немедленно сообщить руководителю вышестоящего хозяйственного органа; техническому инспектору труда; областному (городскому, краевому, республиканскому) комитету профсоюза; совету профсоюзов; в прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай; местным органам Госпроматомнадзора СССР, Госэнергонадзора, если указанные несчастные случаи произошли на объектах, подконтрольных этим органам.

О несчастном случае со смертельным исходом руководитель предприятия сообщает министерству, ведомству, центральному комитету профсоюза, а в республиках с областным делением — республиканскому совету профсоюза.

Специальное расследование группового несчастного случая, несчастного случая с тяжелым исходом, несчастного случая со смертельным исходом проводится комиссией в составе технического (главного технического) инспектора труда центрального комитета или совета профсоюзов, представителя вышестоящей организации, руководителя (заместителя руководителя) предприятия, представителя профсоюзного комитета предприятия.

Если прибытие технического (главного технического) инспектора труда невозможно, то специальное расследование несчастного случая проводится без него комиссией в том же составе. Акт специального расследования и другие материалы администрация предприятия направляет техническому (главному техническому) инспектору труда.

Расследование группового несчастного случая, при котором погибло 2—4 чел., проводится комиссией в составе главного технического инспектора труда центрального комитета профсоюза или главного технического инспектора труда совета профсоюзов, или заведующего (заместителя заведующего) отделом охраны труда центрального комитета профсоюза, руководителя вышестоящей организации, руководителя предприятия, председателя профсоюзного комитета предприятия.

Расследование несчастного случая с особо тяжелыми последствиями, при котором погибло 5 чел. и более, проводится комиссией, назначаемой министром, руководителем ведомства или Советом Министров союзной республики. В состав комиссии наряду с ответственными работниками соответствующего министерства, ведомства включаются представители органов здравоохранения, социального обеспечения, профсоюзов, технической инспекции труда, а при необходимости также представители Госпроматомнадзора СССР и других органов государственного надзора.

При несчастных случаях на объектах, подконтрольных Госпроматомнадзору СССР, комиссия создается совместным приказом соответствующего министерства, ведомства и Госпроматомнадзора СССР. В необходимых случаях расследование несчастного случая проводится комиссией, создаваемой решением Совета Министров СССР.

Комиссия по специальному расследованию расследует несчастный случай в течение 10 дней, составляет акт специального расследования, оформляет другие необходимые документы и материалы.

Комиссия, технический инспектор труда имеют право в ходе расследования получать письменные и устные объяснения от очевидцев и других лиц.

Материалы специального расследования включают акт специального расследования с приложением к нему заверенной копии акта по форме Н-1 на каждого пострадавшего; заключение технического (главного технического) инспектора труда центрального комитета или технического (главного технического) инспектора труда совета профсоюзов по несчастному случаю; планы, схемы и фотоснимки места происшествия; объяснения очевидцев, а также должностных лиц, ответственных за соблюдение требований ГОСТов ССБТ, норм и правил по охране труда; выписку из журнала о прохождении пострадавшим обучения и инструктирования; медицинское заключение о характере и тяжести повреждения пострадавшего, причинах его смерти; заключение специалистов, экспертов; результаты лабораторных и других исследований, экспериментов, анализов; справку о материальном ущербе в связи с аварией; выписки из инструкций, положений, приказов и других актов, устанавливающих меры, обеспечивающие безопасные условия труда, и ответственных лиц.

Технический (главный технический) инспектор труда, проводивший специальное расследование несчастного случая, в 10-дневный срок направляет материалы специального расследования на предприятие, в вышестоящий хозяйственный орган, областной, республиканский (краевой, городской, районный бассейновый, территориальный) комитет профсоюза, совет профсоюзов, в прокуратуру по месту, где произошел несчастный случай. По несчастному случаю, происшедшему на предприятии, подконтрольном Госпроматомнадзору СССР, Госэнергонадзору, материалы расследования направляются в их местные органы.

Материалы специального расследования несчастных случаев со смертельным исходом также направляются в соответствующие министерства, ведомства, центральный комитет профсоюза и ВЦНИИОТ ВЦСПС.

Руководитель предприятия и руководитель вышестоящего хозяйственного органа обязаны рассмотреть акт и материалы специального расследования несчастного случая, издать приказы (распоряжения) по выполнению предложенных комиссией мероприятий и наказанию виновных лиц.

На основании актов формы Н-1 администрация предприятия составляет отчет о пострадавших при несчастных случаях по установленным Госкомстатом СССР формам 9-Т, 8-Т, 7-Т и представляет его в вышестоящую организацию, соответствующие комитеты профсоюза и органы Госкомстата.

Отчет о пострадавших при несчастных случаях на производстве подписывает руководитель и председатель профсоюзного комитета предприятия.

Расследование и учет профессиональных отравлений и заболеваний проводится в соответствии с указаниями Минздрава СССР, содержащимися в «Положении об извещении и регистрации профессиональных заболеваний».

Расследованию подлежат все впервые выявленные хронические профессиональные заболевания и отравления и каждый случай острого профессионального заболевания.

Врач медпункта или другого медицинского учреждения обязан в течение 24 ч после обращения заболевшего направить сообщение о заболевании или отравлении в местную санитарно-эпидемиологическую станцию (СЭС).

Так как последствия отравления могут выявиться значительно позже, то извещение составляется на все случаи профзаболеваний независимо от утраты трудоспособности. На основании этого извещения врач СЭС совместно с представителями администрации предприятия и комитета профсоюза проводит расследование этого случая и составляет акт расследования по форме № 164, который является юридическим и статистическим документом.

На основании актов расследования определяется размер возмещения предприятием ущерба, размер пенсии (при необходимости). Акт расследования направляется руководителю предприятия для принятия соответствующих мер, а также в вышестоящие органы Минздрава СССР.

На основании актов формы № 164 районная или городская СЭС ежеквартально составляет отчет по форме № 43, утвержденной Госкомстатом СССР.

3.3. Исследование производственных несчастных случаев

Существующие методы исследования производственного травматизма можно разделить на две группы: вероятностно-статистические и детерминистические. Вероятностно-статистические методы выявляют зависимость между факторами системы труда и травматизмом, изучая уже происшедшие несчастные случаи.

Статистический метод дает возможность количественно оценивать уровень травматизма посредством общепринятых показателей: коэффициента частоты $K_ч$, коэффициента тяжести $K_т$ и коэффициента производственных потерь $K_{п.п}$.

Коэффициент частоты травматизма показывает число несчастных случаев, приходящееся на 1000 чел. работающих:

$$K_ч = n/p \cdot 10^3,$$

где n — число несчастных случаев за отчетный период; p — среднесписочное количество работающих за тот же период.

Коэффициент тяжести представляет собой число дней нетрудоспособности, приходящееся на один несчастный случай:

$$K_т = D/n,$$

где D — число дней нетрудоспособности по закрытым больничным листам учтенных несчастных случаев за отчетный период.

Коэффициент производственных потерь представляет собой произведение коэффициента частоты и тяжести

$$K_{п.\,п} = K_ч K_т = D/p \cdot 100.$$

Сравнивая полученные коэффициенты за отчетный период с коэффициентами за предыдущий период, делают вывод об эффективности принятых мер по улучшению условий труда и снижению травматизма.

Групповой метод основан на повторяемости несчастных случаев, одинаковых по обстоятельствам, характеру повреждений, на однородном оборудовании и др. Метод позволяет определить профессии и работы, на которые приходится большее число несчастных случаев, выявить дефекты отдельного вида производственного оборудования и наметить пути его модернизации с целью обеспечения безопасности труда.

Топографический метод заключается в изучении причин несчастных случаев по месту их происшествия. Специфической особенностью этого метода является то, что все несчастные случаи наносятся условными знаками на планы цехов, участков или предприятия в целом, в результате чего наглядно видны места травматизма, требующие особого внимания.

Достоинством этого метода является его простота и наглядность. Недостатком является то, что он не вскрывает потенциальных опасностей. Кроме того, он применим только в тех случаях, когда материал по травматизму достаточно велик.

Монографический метод заключается в детальном обследовании всей производственной обстановки данного объекта: изучаются трудовой и технологический процессы, основное и вспомогательное оборудование, материалы, общие условия труда, рабочие места, защитные средства, режим труда и отдыха.

Этот метод дает возможность наиболее полно определить способы предупреждения травматизма, использовать результаты проведенной работы в других местах путем сравнительных исследований. Глубокий анализ по этому методу позволяет не только установить причину производственных травм, но и выявить существующие потенциальные опасности. Поэтому главное достоинство метода — полнота анализа, недостаток — сравнительно большая трудоемкость.

Эргономический метод основан на комплексном изучении системы «человек-машина (техника) — производственная среда» (ЧМС), т. е. учитывается зависимость вида трудовой деятельности от физиологических, психофизиологических и психологических (личностных) качеств человека, а также его антропометрических данных.

Причины несчастных случаев исследуются в зависимости от индивидуальных особенностей пострадавшего; санитарно-гигиенических условий; содержания и психофизиологической структуры деятельности; вида системы ЧМС и реализуемой его функции; элементарного акта деятельности, при котором произошел несчастный случай и др.

Информация по каждому несчастному случаю сосредоточивается в актах, аналогичных форме Н-1, но значительно дополненных. Акт дополняется специальной анкетой, заполняемой пострадавшим, где он сам оценивает причины и обстоятельства несчастного случая. Метод трудоемкий и требует привлечения средств современной вычислительной техники.

Метод сетевого моделирования применяется при анализе случаев травматизма, явившихся результатом действия нескольких факторов. Сетевая модель строится от момента травмирования к событиям, которые ему предшествовали, устанавливается логическая связь между явлениями. При этом причинные связи могут иметь различную форму: последовательную, параллельную, круговую и разветвленную.

Причинные связи в разных комбинациях могут составлять сложные сетевые модели ситуаций, вызвавших несчастный случай.

Метод наблюдений заключается в осмотре мест происшествия, травмоопасных мест, обмерах, фотографировании, физико-химических исследованиях. К этому методу следует отнести проведение испытаний оборудования, замеры запыленности, концентрации вредных веществ, уровней шума, вибрации, освещенности, радиоактивности в пороговых ситуациях.

Метод анкетирования заключается в письменном опросе работающих. Он устанавливает в основном причины психофизиологического характера. Важным моментом в методе анкетирования является разработка опросного листа. Анализ опросных листов дает возможность установить влияние психофизиологических факторов на безопасность труда.

Метод экспертных оценок заключается в вынесении суждений, использующих обобщенный опыт и интуицию специалистов. Для вынесения экспертных оценок назначаются эксперты из числа работников, длительное время занимающихся вопросами охраны труда.

Экономический метод заключается в определении экономического ущерба от травматизма и затрат на разработку и внедрение мероприятий по охране труда. Он не позволяет выявлять причины травматизма и поэтому является дополнительным.

В настоящее время рекомендуются следующие экономические показатели оценки травматизма:

1) показатели, характеризующие ущерб от травматизма по отношению к проработанному времени $Э_1$ и стоимость потерянного рабочего времени $Э_2$:

$$Э_1 = Б/А10^6; \qquad Э_2 = 3P_3D,$$

где $Б$ — сумма затрат всех видов, связанных с травматизмом; $А$ — число фактически проработанных человеко-часов; $Р_з$ — средняя зарплата работающего;

2) показатель, рекомендуемый ВНИИОТ и характеризующий затраты, связанные с травматизмом, без учета затрат на ликвидацию аварий, поломок, определяется как сумма следующих затрат:

$$М_п = В_{л.\,н} + С_{а.\,л} + П_{н.\,с} + С_{к.\,л} + П_{п.\,к} + П_о + Д_р + У_п,$$

где $М_п$ — материальные последствия травматизма; $В_{л.\,н}$ — выплата пострадавшему по листам нетрудоспособности; $С_{а.\,л}$ — стоимость амбулаторного лечения; $П_{н.\,с}$ — пенсия пострадавшему; $С_{к.\,л}$ — стоимость клинического лечения; $П_{п.\,к}$ — пенсия близким родственникам в связи с потерей кормильца; $П_о$ — материальные потери из-за простоя оборудования; $Д_р$ — сумма доплат пострадавшему; $У_п$ — условные материальные потери, проявляющиеся в недодаче продукции за время нетрудоспособности;

3) показатель, рекомендуемый ЦНИИОМПТП, характеризующий затраты, связанные с несчастным случаем, и затраты на ликвидацию аварии или поломок, определяется как сумма некоторых затрат:

$$М_п = М_б + М_о + М_и + М_м + М_з,$$

где $М_б$ — выплаты по больничным листам и другие затраты, вызванные несчастным случаем; $М_о$ — стоимость испорченного оборудования; $М_и$ — стоимость испорченного инструмента; $М_м$ — стоимость испорченных материалов; $М_з$ — стоимость разрушенных зданий и сооружений.

3.4. Оценка условий труда на рабочих местах и экономической эффективности мероприятий по охране труда

Показателем, который с достаточной для практики точностью учитывает разнокачественное влияние всех элементов условий труда, в настоящее время принят показатель тяжести труда. Тяжесть труда характеризует совокупное воздействие всех элементов, составляющих условия труда, на работоспособность человека, его здоровье, жизнедеятельность и восстановление рабочей силы и применимо как к умственному, так и к физическому труду.

В соответствии с современной теорией функциональных систем различают три функциональных состояния организма человека: нормальное, пограничное (между нормой и патологией) и патологическое.

Фактическое состояние условий труда оценивается на основе данных аттестации рабочих мест или специальных инструментальных замеров уровней факторов производственной среды, которые отражаются в Карте условий труда на рабочем месте.

Карта
условий труда на рабочем месте

Предприятие________________________________

Производство____________________ Цех______________

Участок____________________ Профессия______________

Количество аналогичных рабочих мест________ Численность рабочих________

№ п/п	Факторы производственной среды	Норматив ПДК, ПДУ	Фактическое состояние факторов
1.	Вредные химические вещества, мг/м³:		
	1 класс опасности		
	2 класс		
	3—4 класс		
2.	Пыль, мг/м³		
3.	Вибрация, дБ		
4.	Шум, дБА		
5.	Инфракрасное излучение, Вт/м²		
6.	Температура воздуха на рабочем месте (в помещении), °С		
7.	Тяжесть труда без учета освещения		
8.	Тяжесть труда с учетом освещения		

Сумма значений факторов производственной среды (фактически)___________ баллов

Размер доплаты за условия труда, %

Подпись ответственного за заполнение карты

Подпись начальника цеха (участка)

Дата заполнения

Степень вредности факторов производственной среды и тяжести работ устанавливается в баллах по критериям, приведенным в Гигиенической классификации труда, утвержденной Минздравом СССР 12 августа 1986 г., № 4137—86.

Результаты мероприятий по улучшению условий и охране труда в настоящее время оцениваются по четырем группам показателей: изменение состояния условий труда; социальные результаты; социально-экономические; экономические.

Изменение состояния условий труда на рабочих местах оценивается повышением уровня безопасности труда, улучшением санитарно-гигиенических, психофизиологических, эстетических показателей.

Социальные результаты мероприятий по улучшению условий и охране труда определяются как разность натуральных величин до и после внедрения мероприятий по следующим показателям: увеличение числа работников, рабочие места которых соответствуют нормативным требованиям, или сокращение несоответствующих требованиям рабочих мест как по отдельным факторам, так и в комплексе; сокращение производственного травматизма; снижение профессиональной и общей заболеваемости, вызванной неблагоприятными условиями труда; снижение текучести кадров, связанной с неудовлетворительными условиями труда.

Социально-экономические результаты оцениваются по экономии или сокращению потерь живого и овеществленного труда в народном хозяйстве, на предприятиях и сфере личного потребления.

Экономическая оценка мероприятий по охране труда осуществляется путем расчета трех основных показателей: чистого экономического эффекта; общей экономической эффективности; сравнительной экономической эффективности.

При определении экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда следует руководствоваться «Методическими рекомендациями по комплексной оценке социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда».

Затраты на мероприятия по улучшению условий труда. Затраты на реализацию мероприятий по охране труда включают капитальные вложения и эксплуатационные расходы.

При сравнении кратковременных или долговременных мероприятий с примерно равными значениями годовых эксплуатационных расходов и капитальных вложений по годам расчетного периода затраты на их осуществление определяются так:

$$З = C + E_н K,$$

где C — эксплуатационные расходы на мероприятия по улучшению условий и охране труда, р. в год; K — капитальные вложения, предназначенные на улучшение условий и охрану труда, р.; $E_н$ — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений, 1/год, равный 0,08.

При осуществлении долговременных мероприятий по охране труда с изменяющимися во времени размерами эксплуатационных расходов и капитальных вложений суммарные затраты определяются по выражению

$$З_{сум} = \sum_{t=t_о}^{T} \frac{K_t + C_t}{(1 + E_{н.п})^{(t-t_б)}},$$

где K_t — капитальные вложения в мероприятия в t-м году, р.; C_t — годовые эксплуатационные расходы в t-м году, р.; $E_{н.п}$ — нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, равный 0,1; $t_б$ — базовый момент времени, к которому приводятся затраты t-го года (в качестве базового момента времени принимается либо начало, либо окончание соответствующего планового периода (года, пятилетки), в котором будут осуществляться данные мероприятия по всем сравниваемым вариантам); $t_о$, T — соответственно год начала и год окончания отчетного (планового) периода.

Метод расчетов экономической эффективности по улучшению условий и охране труда. Годовой экономический эффект от внедрения мероприятий по охране труда

$$Э_г = P - З; \qquad Э_г = P - (C + E_н K);$$

где P — полученный экономический результат, р.; $З$ — приведенные к годовой соизмеримости текущие и капитальные затраты на мероприятия по улучшению условий и охране труда, р. в год; C — годовые эксплуатационные расходы на мероприятия по улучшению условий и охране труда, р.; $E_н = 0,08$ — нормативный коэффициент экономической эффективности для капитальных вложений на осуществление мероприятий по улучшению условий и охране труда; K — капитальные вложения в мероприятия, направленные на улучшение условий и охрану труда.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность затрат на мероприятия по улучшению условий и охране труда, р., $Э_о = P/З$.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность капитальных вложений в мероприятия по улучшению условий и охране труда $Э_к = (P - C)/K$.

Коэффициент эффективности капитальных вложений следует сопоставлять с нормативным ($E_н = 0,08$). Если $Э_к > E_н$, то капитальные вложения можно считать эффективными.

Срок окупаемости капитальных вложений вычисляется по формуле

$$T = K/(P - C) = 1/Э_к.$$

Полученный срок окупаемости сравнивают с нормативным ($T_н = 12,5$ лет). Если он меньше нормативного, то капитальные вложения считают эффективными.

Раздел II
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Глава 4
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПОМЕЩЕНИЯМ И РАБОЧИМ МЕСТАМ

4.1. Требования к размещению и планировке территории предприятия

Предприятия и промышленные узлы следует размещать на территории, предусмотренной схемой или проектом районной планировки, генеральным проектом города или другого населенного пункта, проектом планировки промышленного района в соответствии с требованиями СН 245—71, ОНТП—24—86 (Общесоюзные нормы технологического проектирования) и отраслевыми правилами безопасности.

Генеральные планы промышленных предприятий разрабатывают в соответствии с требованиями безопасности труда и санитарно-гигиеническими. Они предусматривают предотвращение возможности возникновения опасных и вредных производственных факторов, превышающих предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе населенных пунктов и водоемах. Учитывается также естественное освещение и проветривание; уровень состояния грунтовых вод и др.

В генеральных планах предприятий и промышленных узлов необходимо предусмотреть функциональное зонирование территории с учетом технологических связей, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, грузооборота, видов транспорта; рациональные производственные, транспортные и инженерные связи на предприятиях, между ними и селитебной территорией; кооперирование основных и вспомогательных производств и хозяйств, включая аналогичные хозяйства, обслуживающие селитебную часть города или населенного пункта.

Площадка промышленного предприятия должна располагаться вблизи водоисточников, иметь относительно ровную поверхность и уклон 0,001—0,002 % для стока поверхностных вод.

Площадка предприятия, отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками выделений в атмосферу вредных и неприятно пахнущих веществ, а также источниками внешнего шума выше установленных нормами уровней для жилой застройки выбираются с подветренной стороны для ветров преобладающего направления.

В зависимости от мощности предприятий, условий технологического процесса, характера и количества выделяемых в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ или вредных физических воздействий, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению их неблагоприятного влияния на окружающую среду все предприятия, производства и объекты подразделяются на пять классов, для которых устанавливаются санитарно-защитные зоны размером от 50 до 1000 м (табл. 3).

Санитарно-защитная зона может быть увеличена при необходимости и надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании, но не более чем в 3 раза, по согласованию с органами санитарного надзора. Санитарно-защитную зону запрещается использовать для расширения промышленной площадки, ее территория должна быть благоустроена и озеленена.

Санитарные разрывы между зданиями и сооружениями должны соответствовать СН 245—71 (табл. 4).

По функциональному использованию площадка предприятия делится на предзаводскую (за пределами ограды или условной границы предприятия), производственную, подсобную и складскую зоны.

Застройка промышленной площадки может быть сплошной или отдельно стоящими зданиями, одно- и многоэтажными.

3. Ширина санитарно-защитной зоны для металлургических, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий

Предприятие, производство	Класс производства	Ширина санитарно-защитной зоны, м
Производство по выплавке чугуна при общем объеме доменных печей, м³:		
1500	I	1000
от 500 до 1500	II	500
менее 500	III	300
Предприятия по вторичной переработке цветных металлов (меди, свинца, цинка и др.) в количестве, т/год:		
более 3000	I	1000
2000—3000	II	500
до 2000	III	300
Производство стали мартеновским или конвертерным способами с цехами по переработке отходов (размол томасшлака) при выпуске основной продукции, млн. т/год:	I	1000
1 и более	I	1000
до 1	II	500
Производство по выжигу кокса	I	1000
Комбинат черной металлургии с полным металлургическим циклом мощностью, млн. т/год, чугуна и стали:		
более 1	I	1000
до 1	II	500
Производство чугунного фасонного литья, тыс. т/год:		
более 100	I	1000
20—100	II	500
10—20	III	300
Производство цветных металлов, т/год:		
более 2000	II	500
100—2000	III	300
Производство алюминия способом электролиза расплавленных солей алюминия (глинозем)	I	1000
Производство свинцовых аккумуляторов	II	500
Предприятия металлообрабатывающей промышленности с чугунным, стальным (в количестве до 10 тыс. т/год) и цветным (в количестве до 100 т/год) литьем	IV	100
Производство машин и приборов электротехнической промышленности (динамомашин, конденсаторов, трансформаторов, прожекторов и т. п.) при наличии небольших литейных цехов	IV	100
Предприятия металлообрабатывающей промышленности с термической обработкой без литейных цехов	V	50
Производство ртути и приборов с ртутью (ртутных выпрямителей, термометров, ламп и т. д.)	III	300
Производство приборов для электрической промышленности (электроламп, фонарей и т. д.) при отсутствии литейных, без применения ртути	V	50
Производство твердых сплавов из тугоплавких металлов при отсутствии цехов химической обработки руд	V	50
Производство металлических электродов (с использованием марганца)	III	300
Производство магния (всеми способами, кроме хлоридного)	II	500
Производство сжатых и сжиженных продуктов разделения воздуха	V	50

4. Санитарные разрывы между зданиями и сооружениями

Характерные особенности зданий и сооружений	Размер разрыва
Здания и сооружения освещаются через оконные проемы	Не менее наибольшей высоты до верха карниза противостоящих зданий и сооружений *
Между зданиями и сооружениями, одно из которых со стороны, обращенной к другому, в зоне возможного затенения не имеет световых проемов	Не менее высоты здания или сооружения без световых проемов **
Между зданием со световыми проемами и высотным сооружением, не имеющем световых проемов (труба, башня, этажерка, колонна и т. п.)	Не менее ширины высотного сооружения
То же, если в зоне возможного затенения от высотного сооружения в стене здания отсутствуют световые проемы	Не нормируется
От складов (открытых или под навесом) пылящих материалов:	
до ближайших открываемых производственных и вспомогательных зданий и помещений	Не менее 50 м
до ближайших открываемых проемов бытовых зданий и помещений	Не менее 25 м

* Указанные санитарные нормы могут быть уменьшены в том случае, когда по расчету с учетом затенения окон противостоящими зданиями может быть обеспечено требуемое СНиП II—4—79 естественное освещение в обоих противостоящих зданиях.

** Для зданий с продольными фонарями, расположенными менее чем в 3 м от фасада, за высоту здания следует принимать высоту до верха карниза фонаря.

Запрещается устройство зданий сплошной застройки с замкнутым внутренним двором, такая застройка допускается в случаях, необходимых по условиям технологического процесса, так как при такой застройке ухудшается проветривание и естественное освещение зданий. При сплошной застройке наименьшая сторона внутреннего двора должна быть равной или больше высоты наиболее высокого из окружающих двор здания, но не менее 18 м с обеспечением сквозного проветривания двора путем устройства в зданиях проемов шириной не менее 4 м и высотой не менее 4,5 м.

На территорию предприятия с площадью площадки более 5 га должно быть не менее двух въездов. К зданиям и сооружениям по всей их длине должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей: односторонний — при ширине здания более 18 м.

Главный вход на предприятие следует предусматривать со стороны основного подхода или подъезда трудящихся к предприятию. При устройстве нескольких проходных пунктов их следует располагать на расстоянии не более 1,5 км друг от друга.

Бытовые помещения размещают на расстоянии 40—800 м от проходных пунктов в зависимости от климатических условий, а при расстояниях от проходных пунктов более 800 м предусматривают внутризаводской транспорт. В местах пересечения пешеходных путей с железнодорожными путями или автомобильными дорогами при пешеходном потоке более 300 чел. в час предусматривают пешеходные мосты, туннели или галереи, ширину их принимают в соответствии с требованиями норм проектирования.

Тротуары, устраиваемые на территории предприятия, размещают либо вплотную к зданиям при организованном отводе воды с кровель, либо на расстоянии 1,5 м от зданий при неорганизованном отводе, а от ближайшей железнодорожной колеи нормальной ширины на расстоянии не менее 3,75 м. Освещение должно соответствовать СНиП II-4—79.

Площадь участков, предназначенных для озеленения, должна составлять не менее 15 % площадки предприятия, а при плотности застройки более

50 % — не менее 10 %. Территорию предприятия и санитарно-защитные зоны озеленяют древесно-кустарниковыми насаждениями с учетом их санитарно-защитных и декоративных свойств, а также устойчивости к вредным веществам, выделяемым предприятием.

Благоустроенные площадки для отдыха трудящихся и гимнастических упражнений во время перерывов в работе размещают с наветренной стороны по отношению к зданиям с производствами, выделяющими в атмосферу вредные вещества.

При размещении инженерных сетей следует применять совмещенную прокладку в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями.

В проектах предприятий и отдельных производств должны предусматриваться безотходные ресурсосберегающие технологические процессы и производственные установки, исключающие образование вредных производственных факторов и их воздействие на окружающую среду.

4.2. Требования к производственным зданиям и помещениям

Требования к производственным зданиям и помещениям установлены СН 245-71, ОНТП 24-86, ГОСТ и ОСТ с учетом опасных и вредных производственных факторов, образующихся в процессе производства, габаритов оборудования.

Производственные здания, в соответствии с действующими нормами и правилами, могут иметь любую форму и размеры, которые должны обеспечить благоприятные санитарно-гигиенические и безопасные условия труда. Особое внимание следует обращать на размещение оборудования, организацию потоков людей и грузов.

Размеры производственных помещений, приведенные ниже, должны быть не менее указанных в СН 245-71 и ОНТП 24-86.

Площадь производственного помещения на одного работающего	4,5 м²
Объем производственного помещения на одного работающего	15 м³
Высота одноэтажных зданий (от пола до низа горизонтальных несущих конструкций на опоре)	3 м
Высота этажа многоэтажных зданий (от пола лестничной площадки вышележащего этажа)	3 м
Высота помещений от пола до низа выступающих конструкций перекрытия (покрытия)	2,2 м
Высота помещений от пола до низа выступающих коммуникаций и оборудования:	
в местах регулярного прохода и на путях эвакуации	2 м
в местах нерегулярного прохода людей	1,8 м
Размеры пешеходных туннелей, галерей и эстакад:	
высота	2,1 м
ширина	1,5 м
Размеры транспортных и коммуникационных туннелей, галерей и эстакад:	
высота	1,8 м
ширина	0,4—0,6 м
при одном ленточном транспортере	0,7 м
между двумя ленточными транспортерами	1 м
при размещении трубопроводов, кабелей и других коммуникаций	0,7 м

Помещения и участки производств с избытками явного тепла более 84 Дж/(м³· ч), а также производства со значительными выделениями газов, паров и пыли размещают у наружных стен зданий и сооружений. Такие помещения должны иметь, как правило, одноэтажную конструкцию, а кровля

здания проектируется с учетом эффективного удаления вредных выделений и тепла с помощью аэрации или приточно-вытяжной вентиляции.

При необходимости расположения производств с избытками явного тепла более 84 кДж/($м^3$· ч) и значительными выделениями вредных газов, паров и пыли в многоэтажных зданиях их необходимо размещать на верхних этажах, если это допустимо по условиям технологического процесса, а в случае размещения этих производств на других этажах многоэтажных зданий необходимо предусмотреть эффективные мероприятия для исключения проникновения вредных веществ с одного этажа на другой.

В закрытых помещениях, где возможно выделение вредных веществ I и II классов опасности необходимо предусматривать размещение технологического оборудования в изолированных кабинах, помещениях или зонах с управлением этим оборудованием из пультов или операторских зон, а в случае возможных аварий предусматривать использование средств индивидуальной защиты.

При объединении в одном здании или помещении производств и производственных участков с различными санитарно-гигиеническими условиями следует предусматривать мероприятия по предупреждению воздействия вредных факторов на работающих (изоляция, сдувки, воздушные завесы и т. п.).

В зданиях и сооружениях с естественной вентиляцией площадь открываемых проемов определяют с помощью расчета, размещают их таким образом, чтобы расстояние от уровня пола до низа створных переплетов, предназначенных для притока воздуха в теплый период года, составляло не более 1,8 м, а до низа открывающихся проемов, предназначенных для притока воздуха в холодный период года,— не менее 4 м.

Требования к зданиям литейных цехов. Здания литейных цехов располагают в зоне группы горячих цехов и энергетических сооружений — теплоэнергоцентралей и котельных установок.

Расстояние между литейными и другими цехами (механосборочным, инструментальным) должны быть не менее следующих значений:

Годовая производительность цеха, тыс. т отливок	*Расстояние, м*
До 10	20
11—20	23
21—50	30
Св. 50	50

Объемно-планировочные решения в литейных цехах выполняются в соответствии с требованиями ОНТП 24-86.

Литейные цехи для эффективного проветривания следует размещать в зданиях сплошной застройки пролетного типа с количеством пролетов не более 3—4.

Литейные цехи конвейерного типа большой производительности(свыше 100 тыс .т в год) с участками выделения теплоты, газов и пыли при наличии механической вентиляции не имеют ограничений по ширине здания.

Ширину и высоту пролетов производственных помещений литейных цехов устанавливают в зависимости от компоновки и высоты технологического оборудования, типа подъемно-транспортных средств, массы и размеров литья и высоты подъема. Унифицированные высоты пролетов зданий цехов с мостовыми кранами принимают следующие, м: 10,8; 12,6; 14,4; 16,2; 18; 19,6; для бескрановых — 6; 7,2; 8,4; 9,6 [5].

Ширина пролетов зависит от грузоподъемности мостового крана:

Грузоподъемность крана, т	*Ширина пролета, м ($l_к$ — ширина подкрановых путей, м)*
5—50	$l_к + 1500$
8—125	$l_к + 2000$
Св. 125	$l_к + 2500$

Агрегаты, являющиеся источником тепловых потоков, размещаются вдоль продольной оси пролета под аэрационным фонарем. Тепловые потоки от агрегатов не должны перекрещиваться.

Размеры цеховых проходов и проездов приведены в табл. 5, а расстояние от оборудования до стен и колонн — в табл. 6.

5. Размеры цеховых проходов и проездов

Проезды	Направление движения	Малогабаритные самоходные тележки шириной 500 мм	Малогабаритные самоходные тележки шириной до 700 мм	Электрокары шириной 1200 мм	Минимальная высота проезда, мм
При отсутствии зон обслуживания оборудования	Одностороннее	1100	1300	2000	2300
	Двухстороннее	1500	2000	3000	2300
При обслуживании одного ряда оборудования (включая рабочую зону)	Одностороннее	1600	1800	2300	—
	Двухстороннее	2300	2700	—	2300
Между двумя зонами обслуживания оборудования (включая рабочие зоны)	Одностороннее	2300	2500	3000	—
	Двухстороннее	3000	3400	—	2300

Примечания: 1. Размер рабочей зоны 800 мм от оборудования до проезда. 2. Проходы приведены от крайних положений движущихся частей оборудования, а также от постоянных ограждений. 3. В отдельных случаях в зависимости от условий планировки ширина проходов может быть увеличена при соответствующем обосновании в проекте.

6. Расстояние от оборудования до стен и колонн, мм

Оборудование	До стен	До колонн
Мелкое с размерами до 1500×1000 мм	600	600
Среднее с размерами до 4000×3500 мм	800/700*	800/700
Крупное с размерами, мм:		
до 8000×6000	1000	800
более 8000×6000	1100	900
Сушильные и термические печи	1200/900	1000/900

* В числителе указано расстояние от тыльной стороны оборудования, в знаменателе — от боковой.

Освещение производственных литейных цехов должно соответствовать требованиям СНиП II-4—79.

Требования к зданиям термических цехов. Наиболее целесообразными для термических цехов являются одноэтажные здания, соответствующие требованиям ГОСТ 12.3.004—75 и ОСТ 105-699—79, шириной в один или несколько пролетов. Высота здания (не менее 7,2 м) зависит от технологии термической обработки и количества пролетов.

Производственные помещения занимают либо все здание, либо находятся в здании с другими цехами (участками), при этом они располагаются у наружной стены и отделяются от других цехов (участков) капитальной перегородкой. Ширина пролетов — не менее 18 м, они оборудуются аэрационными фонарями, оборудование располагается в три ряда.

В отдельных помещениях следует располагать участки травления, цианирования, жидкостного азотирования, свинцовых печей-ванн, подготовки твердого карбюризатора, диффузионной металлизации и борирования, если они расположены вне потока; участки охлаждения нагретых изделий; обору-

дование для очистки деталей; машинные преобразователи и ламповые генераторы ТВЧ (за исключением технически обоснованных случаев); участки сбора сортировки, кратковременного хранения отходов термообработки; площадки нахождения изделий до и после термообработки; места хранения химических материалов.

Требования к производственным зданиям сварочных цехов. Здания сварочных цехов должны быть, как правило, одноэтажными, соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.003—75 и СН 1009—73. Участки выполнения сборочно-сварочных работ со значительным образованием вредных веществ следует размещать у наружных стен с подветренной стороны.

Для уменьшения влияния яркости сварочной дуги на работающих и снижения контраста между дугой и окружающими предметами интерьер помещений, оборудование цехов и участков электродуговых методов сварки необходимо окрашивать в светлые тона (серый, желтый, голубой) с диффузным отражением света, используя цинковые и титановые белила и желтый крон для поглощения ультрафиолетового излучения.

Сварочные посты при сварке открытой дугой должны быть ограждены несгораемыми ширмами или щитами. При сварке мелких изделий в кабинах обшивка их должна быть из несгораемых материалов. Между обшивкой и полом необходимо оставлять зазор не менее 50 мм, а при сварке в среде защитных газов — не менее 300 мм. Площадь на один сварочный пост в кабине должна быть не менее 3 м^2.

Участки плазменной сварки должны располагаться в отдельных звукоизолированных помещениях цеха. Площадь помещения, не занятая оборудованием, должна быть не менее 10 м^2 на одного работающего.

Лазерные установки должны располагаться в отдельных помещениях, которые должны иметь блокировку входной двери. Двери помещений для лазеров III—IV классов должны быть оборудованы внутренними замками, табло «Посторонним вход воспрещен» и знаком лазерной опасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026—76.

Требования к производственным зданиям кузнечно-прессовых цехов. Производственные здания кузнечно-прессовых цехов проектируются одноэтажными и должны соответствовать требованиям ОНТП 24-86.

Высота пролета цеха, оснащенного кузнечно-прессовым оборудованием и мостовыми кранами, должна допускать сборку и разборку наиболее высокого оборудования.

Участки по ремонту штампов, механической обработке деталей и другие должны быть изолированы от участков тепловой обработки и травильных отделений.

Кузнечно-прессовое оборудование необходимо располагать в отдельных зданиях или помещениях, а производственное оборудование не должно создавать возвратных и пересекающихся грузопотоков.

Расстояние между оборудованием и строительными элементами зданий цехов (участков) объемной горячей штамповки и ковки должны соответствовать ОНТП 03-82, а для цехов холодной листовой штамповки — ОНТП 04-83,

Размеры проходов и проездов в кузнечно-прессовых цехах для безопасного выполнения операций должны быть не менее следующих, м:

Проход для рабочих	1,5
Транспортный проезд при одностороннем движении электро- и автопогрузчиков грузоподъемностью до 3 т	3
Транспортный проезд при двухстороннем движении	
электро- и автопогрузчиков грузоподъемностью до 3 т	4
электро- и автопогрузчиков грузоподъемностью более 3 т и грузовых автомобилей (магистральные проезды)	5
Вводы железнодорожного пути широкой колеи . . .	5,5
Расстояние от границы проезда:	
до элементов здания (не менее)	0,3
до оборудования (при отсутствии рабочего места в сторону проезда)	0,4—0,5

Высота проезда от уровня пола до наиболее низких частей устройств или перемещаемых подвесным транспортом грузов должна быть не менее 3,5 м, а высота проездов, не предназначенных для автомобильного транспорта,— не менее 2,5 м.

Для складирования штампов, заготовок, поковок, материалов и запасных частей в цеху необходимо предусмотреть специальные помещения (площадки) с подъемно-транспортными средствами.

Естественное и искусственное освещение производственных помещений должно соответствовать требованиям СНиП II-4—79.

Требования безопасности к помещениям гальванических цехов. Безопасность труда в гальванических цехах обеспечивается комплексом строительно-планировочных решений, одним из которых является размещение гальванических цехов в отдельных зданиях.

При незначительных по объему производствах мелкие участки допускается располагать в блоке с другими цехами в одном корпусе, но преимущественно в наружных пролетах.

Гальванические цехи проектируются и строятся, как правило, двухэтажными с размещением вентиляционного оборудования, источников постоянного тока, участков ультразвуковых генераторов, насосных, сборников сточных вод, кладовых химикатов в нижнем этаже.

Площадь помещений, занятых производственным оборудованием, не должна превышать 25 % общей площади цеха. Проходы и расстояние между оборудованием гальванических отделений должны быть не менее приведенных в табл. 7.

7. Расстояния и проходы между оборудованием гальванических отделений, м

Оборудование	От стены до оборудования	Между отдельными единицами оборудования в одном ряду	Между рядами оборудования
Ванны при обслуживании:			
двухстороннем	1,2—1,5	0,1—0,2	1,5—2,0
одностороннем	0,5—0,6	0,1—0,2	1,2—1,5
Полуавтоматы	1,2—1,5	—	1,5—2,0
Автоматы	С рабочей стороны 1,5; с нерабочей 1,2—1,5	—	1,5—2,0

Высота ванн от пола или подмостков должна быть в пределах 0,75—0,85 м.

В отдельных помещениях следует располагать отделение кислотного и щелочного травления, отделение оксидирования, неавтоматизированные участки гальванопокрытий с цианистыми электролитами, участки обезжиривания в органических растворителях, шлифовально-полировочные участки, участки ультразвуковой очистки, дробеструйное оборудование и галтовочные барабаны [2, 3].

Высота перегородок между участками должна быть 2,8—3,2 м либо до уровня перекрытий.

Стены в гальваническом отделении на высоту 2,8—3,2 м от уровня пола футеруют керамическими плитками на битумрубероидной изоляции, выше этих отметок стены должны быть окрашены масляной краской.

Полы должны быть влагонепроницаемыми, стойкими к кислотам и щелочам, растворителям и другим агрессивным средам [1].

Требования безопасности к зданиям цехов механической обработки металлов резанием. При проектировании зданий цехов для механической обработки металлов резанием участки обработки магниевых сплавов следует располагать в отдельных помещениях. По согласованию с органами государственного пожарного и санитарного надзора отдельные участки обработки магниевых сплавов разрешается размещать в общих механообрабатывающих цехах (это не относится к участкам полирования и шлифования).

Помещения обработки магния и его сплавов должны оборудоваться установками автоматического пожаротушения и приборами пожарной сигнализации. Остальные требования к производственным помещениям для обработки резанием должны соответствовать требованиям СН 245-71, ОНТП 24-86.

Требования к производственным зданиям сборочных цехов. Здания сборочных цехов должны соответствовать требованиям СН 245-71, ОНТП 26-86. Площади цеховых кладовых для хранения инструментов, приспособлений и абразивов определяются в расчете на одного работающего: единичное и мелкосерийное производство — 0,5—0,9 м²; серийное — 0,35—0,5 м²; крупносерийное — 0,3—0,45 м²; кладовые вспомогательных материалов — 0,1 м².

Промежуточные склады, ремонтные мастерские, инструментальные кладовые, служебные и бытовые помещения должны размещаться в пристройках к основному зданию сборочного цеха.

Ширина проездов и расстояние между рядами рабочих мест зависят от вида применяемого транспорта и определяются по нормам технологического проектирования [3].

4.3. Требования к вспомогательным помещениям

Согласно СНиП 2.09.04—87 к вспомогательным относятся санитарно-бытовые помещения, помещения общественного питания, здравоохранения, культурного обслуживания, конструкторских бюро, для учебных занятий, общественных организаций.

Вспомогательные помещения следует размещать в пристройках к производственным зданиям в местах с наименьшим воздействием опасных и вредных производственных факторов. Если такое размещение невозможно из-за снижения эффективности аэрации или защиты вспомогательных помещений с постоянными рабочими местами от вредных производственных факторов, то их следует располагать в отдельно стоящих зданиях или в пристройках, примыкающих к производственным зданиям торцами.

Высота этажей отдельно стоящих зданий, пристроек и встроек (вставок) должна быть 3,3 м. Высота этажей пристроек к многоэтажным производственным зданиям и встроек (вставок) в многоэтажные здания должна быть 3; 3,6 и 4,2 м, т. е. кратной высоте этажей производственного здания.

Для отдельно стоящих зданий и пристроек к одноэтажным производственным зданиям при количестве этажей вспомогательного здания до трех и площади этажа до 300 м² высота этажа должна соответствовать применяемым типовым конструкциям жилых зданий.

Высота от пола до низа выступающих конструкций перекрытий, а также до низа оборудования и коммуникаций, размещаемых под перекрытиями, должна быть не менее 2,2 м, а в местах нерегулярного прохода людей — не менее 1,8 м. Высота от пола до низа подвесных потолков должна быть не менее 2,4 м, в коридорах допускается до 2,2 м.

Высота вспомогательных помещений, располагаемых непосредственно в производственных зданиях, в том числе на антресолях, должна быть не менее 2,4 м.

Площадь административно-конторских помещений, предназначенных для рабочих комнат заводоуправления, общественных организаций, пунктов здравоохранения, помещений для учебных занятий должна быть не менее следующих значений:

Рабочие комнаты управлений . . .	4 м² на одно рабочее место
Рабочие комнаты конструкторских бюро	6 м² на одно рабочее место
Залы совещаний	0,9 м² на одно место в зале
Кулуары при залах	0,3 м² на одно место в зале
Вестибюли, гардеробные	0,27 м² на одного сотрудника

Кабинеты управлений и конструкторских бюро при количестве сотрудников:	
до 150 чел.	до 15 % площади рабочих комнат
более 150 чел.	до 10 % площади рабочих комнат
Для учебных занятий при количестве ученических мест менее 300:	
классы (аудитории)	1,75 м² на одно ученическое место
кабинеты и лаборатории . . .	2,5 м² на одно ученическое место
помещение для наглядных пособий	одно помещение площадью 18 м² на 100 учеников
преподавательская — методический кабинет	36 м²
библиотека учебной литературы .	0,3 м² на одно ученическое место

В группу санитарно-бытовых помещений входят гардеробные; душевые; уборные; умывальные; курительные комнаты; помещения для обезвреживания, сушки и обеспыливания рабочей одежды; помещения для личной гигиены женщин; помещения для кормления грудных детей; помещения для обогревания рабочих.

В гардеробных, уборных, умывальных, душевых и в помещениях личной гигиены женщин полы должны быть влагостойкими, с нескользящей поверхностью, светлых тонов; стены и перегородки — облицованы влагостойкими, светлых тонов материалами на высоту 1,8 м.

Состав и устройство санитарно-бытовых помещений зависит от группы производственного процесса (табл. 8).

В гардеробных для хранения различных видов одежды должны быть шкафы. Размеры шкафов: глубина 300 мм, высота 1650 мм, ширина 250 — 400 мм.

Количество шкафов должно соответствовать списочному количеству работающих. При хранении одежды на вешалках их длину определяют из расчета 8 плечиков или 6 крючков на один метр вешалки.

Душевые размещают в помещениях, смежных с гардеробными. Открытые душевые кабины имеют размер 0,9 × 0,9 м, закрытые 1,8 × 0,9 м. При количестве сеток 4 и более предусматривается преддушевая для переодевающихся.

Запрещается располагать душевые кабины у наружных стен здания. Расстояние от рабочих мест до уборных в закрытых зданиях должно быть не более 75 м, а от рабочих мест на территории предприятия — не более 150 м. Количество напольных чаш (унитазов) выбирается из расчета одна на 15 чел. по наиболее многочисленной смене. Умывальные размещаются в помещениях, смежных с гардеробными специальной одежды, или в помещениях общих гардеробных. Количество умывальных кранов принимается из расчета один кран на 3—15 чел. для мужчин и 3—12 — для женщин.

Курительные комнаты предусматриваются, когда объем производственного помещения на одного работающего менее 50 м³. Площадь курительной — 0,03 м² на одного мужчину и 0,01 м² на одну женщину, работающих в наиболее многочисленной смене, но не менее 9 м².

Помещение для личной гигиены женщин предусматривается, когда в наиболее многочисленной смене работает 100 и более женщин. При количестве работающих в смене женщин от 15 до 100 необходимо предусмотреть помещение для гигиенического душа. Как правило, предусматривается одна кабина на 100 женщин.

Помещение для стирки, химической чистки, сушки, обезвреживания и обеспыливания рабочей одежды предусматривается в зависимости от вида производства.

8. Состав и устройства санитарно-бытовых помещений

Группа производственных процессов	Санитарно-гигиеническая характеристика производственных процессов	Санитарно-бытовые помещения и устройства
I	Производственные процессы, осуществляемые в помещениях с незначительными избытками тепла (не более 23 Вт/м³), отсутствуют значительные выделения влаги, пыли, особо загрязняющих веществ:	
	вызывающие незначительное загрязнение рук и специальной одежды	Ножные ванны
	вызывающие загрязнение рук, специальной одежды и тела	Душевые, ножные ванны
II	Производственные процессы, осуществляемые при неблагоприятных метеорологических условиях, при значительных выделениях влаги, пыли, особо загрязняющих веществ (кроме вредных):	
	при значительных (более 23 Вт/м³) избытках тепла, в основном, конвекционного	Душевые, ножные ванны
	при значительных (более 23 Вт/м³) избытках тепла в основном лучистого	Душевые помещения и устройства для охлаждения работающих — полудуши, кабины или поверхности радиационного охлаждения; помещения и устройства для обеспыливания специальной одежды (при процессах со значительным выделением пыли)
	связанные с воздействием пыли или особо загрязняющих веществ (кроме вредных); связанные с одновременным воздействием пыли и влаги; при подземных работах	Душевые, помещения и устройства для мытья специальной обуви, для сушки специальной одежды и обуви (при воздействиях влаги), а также для обеспыливания специальной одежды, респираторные; при подземных работах — дополнительно фляговые, ламповые
	при температуре воздуха на рабочих местах ниже 10 °С; при работах на открытом воздухе	Душевые, ножные ванны, помещения и устройства для обогревания работающих, помещения и устройства для обеспыливания специальной одежды и респираторные (при процессах с выделением пыли)
III	Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами:	
	при воздействии веществ 1-го и 2-го классов опасности или опасных при поступлении через кожу, а также сильно пахнущих веществ	Душевые, помещения и устройства для обеспыливания специальной одежды (при процессах с выделением пыли), а в необходимых случаях и для обезвреживания специальной одежды и обуви: механическая вентиляция шкафов для специальной одежды; респираторные

Группа производственных процессов	Санитарно-гигиеническая характеристика производственных процессов	Санитарно-бытовые помещения и устройства
	при воздействии веществ 3-го и 4-го классов опасности	Душевые, помещения и устройства для обезвреживания специальной одежды, а в необходимых случаях и для обезвреживания специальной одежды и обуви, респираторные
	при работе с инфицирующими материалами	Душевые, помещения и устройства для обезвреживания специальной одежды и обуви, сушки; респираторные, механическая вентиляция шкафов для одежды
	при работе с открытыми источниками ионизирующих излучений	Душевые, помещения для обезвреживания специальной одежды, обуви и средств индивидуальной защиты; респираторные, дозиметрические камеры
IV	Производственные процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции:	
	при переработке пищевых продуктов	Душевые, маникюрные
	при производстве стерильных материалов	Респираторные, маникюрные
	производство продукции, требующей особой чистоты при ее изготовлении	

Примечания: 1. Ножные ванны следует предусматривать при условии проведения работ в основном стоя, малой подвижности и охлаждении ног. 2. Устройства для охлаждения предусматриваются при интенсивности теплового облучения более 700 Вт/м², устройства радиационного охлаждения — при интенсивности облучения более 1750 Вт/м².

4.4. Требования к организации рабочих мест

При организации рабочего места, определении рабочих операций и выборе управления машинами, приборами и аппаратами необходимо руководствоваться принципами экономии движений, которые способствуют увеличению производительности труда и снижению утомляемости, снижают количество ошибок и травматизм (ГОСТ 22269—76).

Принципы экономии движений заключаются в том, что обе руки должны начинать и заканчивать движение одновременно; руки не должны бездействовать, кроме периодов отдыха; движения рук должны производиться одновременно в противоположных и симметричных направлениях; наилучшей является такая последовательность действий, которая содержит наименьшее число элементарных движений; руки следует освобождать от всякой работы, которая может быть успешней выполнена ногами или другими частями тела; при возможности объект труда должен закрепляться с помощью зажимных приспособлений, чтобы руки были свободны для выполнения операций.

Инструменты, материалы и органы управления должны быть расположены дугой вокруг рабочего места и как можно ближе к оператору; инструменты и материалы должны располагаться на определенных местах, чтобы исключить излишнее движение на их поиск и выбор; два или несколько инструментов следует по возможности сочетать в одном — комбинированном.

Высота и конструкция рабочего стола и сидения должны выбираться так, чтобы было легко переходить из рабочего положения стоя в рабочее положения сидя (ГОСТ 12.2.032—78, ГОСТ 12.2.033—78, ГОСТ 21889—76).

Работа должна организовываться так, чтобы ритм рабочих операций был по возможности четким и естественным. Последовательность движений должна быть такой, чтобы одно движение легко переходило в другое; движение менее утомительно, если оно происходит в направлении, совпадающем с направлением силы тяжести; количество движения, преодолеваемое мускульным усилием оператора, должно быть сведено к минимуму, а при выполнении ударных действий — к максимуму.

Резкие колебания скорости и небольшие перерывы в движении должны быть проанализированы и исключены.

Также следует учитывать ряд правил и положений относительно скорости движения рук и ног человека: там, где требуется быстрая реакция, следует использовать движение к «себе»; скорость движения слева направо для правой руки больше, чем в обратном направлении; вращательные движения в 1,5 раза быстрее, чем поступательные; плавные криволинейные движения рук происходят быстрее, чем прямолинейные с внезапным изменением направления; движения с большим размахом более быстрые; движения, ориентированные механизмами, быстрее, чем движения, ориентированные «на глаз»; движения нужно ограничивать упорами везде, где это возможно. Следует избегать движений, целью которых является точная установка вручную, например, совпадение двух рисок на головке микрометра; свободные ненапряженные движения производятся быстрее, легче и точнее, чем вынужденные движения, определяемые внешними ограничителями; точные движения лучше выполнять сидя, чем стоя. Максимальная частота движений рук (при сгибании и разгибании) — около 80 раз в минуту, ноги — 45, корпуса — 30, пальца — 6 раз в секунду, ладони — 3. Устройства, требующие повторяющихся движений (например, ручные винтовые зажимы), обычно неудобны.

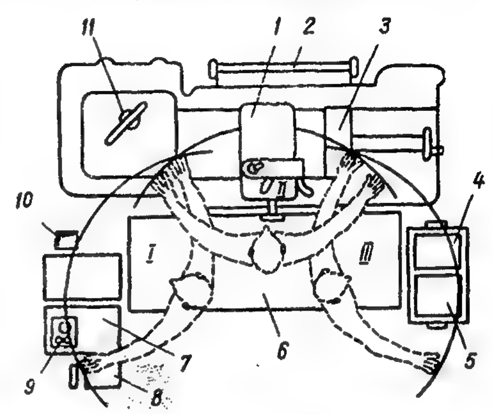


Рис. 2. Схема организации рабочего места токаря:

I — зона обслуживания; *II* — рабочая зона; *III* — зона размещения заготовок и деталей; *1* — станок; *2* — экран; *3* — лоток; *4* — столик приемный; *5* — тара; *6* — решетка; *7* — тумбочка; *8* — стул; *9* — пульт связи; *10* — урна для мусора; *11* — планшет для чертежей.

Исходя из этих принципов и определяются приемы труда, положение оператора, оборудование и организация рабочего места.

Организация рабочего места зависит также от характера труда (умственный, физический, тяжелый, монотонный) и условий труда (комфортные или неблагоприятные).

При организации и оборудовании рабочего места необходимо предусмотреть информационные устройства и органы управления; оснастку (опорные элементы, быстродействующие зажимы, шарнирные монтажные головки, пневматические подъемники, вращающиеся монтажные приборы, настольные бункера и кассеты с гнездами, гравитационные питатели, педали и т. п.); дополнительное оборудование (рабочий стол, сиденье оператора, подставки для ног, подлокотники, шкафчики для инструмента); транспортные средства (гравитационные, роликовые и ленточные транспортеры, подвесные конвейеры, устройства для транспортировки стружки и отходов и т. п.); способ укладки материалов (в бункерах, на транспортных средствах, в накопителях, на стеллажах и т. п.); средства сигнализации (индивидуальной или групповой,

прямой или косвенной, звуковой, световой или комбинированной); средства техники безопасности (неподвижные, откидные или автоматические щитки, устройства для включения и остановки машин, блокировочные устройства, устройства для защиты от удара падающими предметами и т. п.).

При проектировании рабочих мест необходимо учитывать не только антропометрические данные человека (ГОСТ 12.2.032—78, ГОСТ 12.2.033—78), но и характеристики перемещений различных частей тела человека.

Пример организации рабочего места токаря представлен на рис. 2.

Список литературы

1. **Дасоян М. А., Пальмская И. Я.** Оборудование цехов электрохимических покрытий.— Л.: Машиностроение, 1979.— 287 с.
2. **Межотраслевые** нормативные материалы НОТ, обязательные для проектирования технологических процессов и оборудования.— М.: Госкомтруд СССР, 1978.— Т. 1—2.
3. **Межотраслевые** нормы технологического проектирования механических, сборочных и механосборочных цехов, цехов серийного производства и нормы технологического проектирования общезаводских складов машиностроительных заводов.— М.: НИИмаш, 1976.— 139 с.
4. **Основы** проектирования литейных цехов: Учебник / Под ред. Б. В. Кноре.— М.: Машиностроение, 1979.— 376 с.
5. **Плакхин А. С., Шефер С. С.** Основы гигиены и промышленной санитарии в машиностроении.— М.: Высшая школа, 1977.— 175 с.

Глава 5

ВОЗДУХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

5.1. Общая характеристика воздуха и метеорологические условия рабочей зоны

Рабочей зоной считается пространство, ограниченное ограждающими конструкциями производственных помещений, имеющее высоту 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного пребывания работающих. Состав воздуха рабочей зоны зависит от состава атмосферного воздуха и воздействия на него ряда вредных производственных факторов, образующихся в процессе трудовой деятельности человека.

Состав атмосферного воздуха, наиболее благоприятного для дыхания, приведен в табл. 9. Содержание в воздухе азота, кислорода и инертных газов практически постоянно. Содержание углекислого газа, окислов азота, сернистых соединений существенно колеблется и возрастает вблизи больших городов и промышленных предприятий. Содержание воды в воздухе непостоянно и может составлять от 0,00002 до 3 % по объему. В воздухе всегда находится большое число мелких твердых частичек — пылинок: от нескольких миллионов в 1 м^3 чистого комнатного воздуха до 300 млн. в 1 м^3 воздуха больших городов.

9. Состав сухого атмосферного воздуха, %

Газ	По объему	По массе	Газ	По объему	По массе
Азот	78,026—78,09	75,5	Ксенон	$8 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Кислород	20,95	23,1	Радон	$6 \cdot 10^{-18}$	—
Аргон	0,9325	1,286	Углекислый газ	0,03	0,046
Неон	0,0018	$12 \cdot 10^{-4}$			
Гелий	$5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$	Водород	$5 \cdot 10^{-5}$	—
Криптон	$108 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-4}$	Озон	До $3 \cdot 10^{-6}$	—

Для нормальной жизнедеятельности человека важно парциальное давление кислорода. Парциальное давление кислорода воздуха над уровнем моря составляет 21331 Па (160 мм рт. ст.), при уменьшении его до 18665 Па (140 мм рт. ст.) появляются первые признаки кислородной недостаточности, которые легко компенсируются у здоровых людей учащением и углублением дыхания, ускорением кровотока, увеличением количества эритроцитов и т. д. При уменьшении парциального давления до 14665 Па (110 мм рт. ст.) компенсация становится недостаточной и появляются признаки гипоксии, а уменьшение его до 6666—7999 Па (50—60 мм рт. ст.) опасно для жизни. Повышение парциального давления кислорода до 101325 Па (760 мм рт. ст.) переносится здоровыми людьми без отрицательных последствий. Для нормальной жизнедеятельности человека необходимо, чтобы воздух помещений содержал не менее 19,5—20 % кислорода.

При обычном парциальном давлении азот инертен. Увеличение его парциального давления до 0,8—1,2 МПа приводит к проявлению наркотического действия. Увеличение содержания азота в воздухе до 93 % и более может привести к аноксемии и даже смерти.

Содержание углекислого газа — физиологического возбудителя дыхательного центра в атмосферном воздухе — составляет обычно 0,03—0,04 % по объему. Некоторое повышение его концентрации в атмосфере промышленных городов не опасно для человека. Однако при высоких концентрациях углекислого газа и снижении парциального давления кислорода может наступить асфиксия. При содержании его в воздухе 14—15 % может наступить смерть от паралича дыхательного центра. Увеличение концентрации CO_2 в атмосфере помещений происходит в основном за счет дыхания и жизнедеятельности людей (взрослый человек в покое при 18—20 °С выделяет около 20 л CO_2 в час).

Находящиеся в незначительном количестве в атмосферном воздухе инертные газы — аргон, гелий, неон, криптон, ксенон при нормальном давлении индифферентны для организма.

Радиоактивные газы, находящиеся в атмосферном воздухе в незначительных концентрациях (радон и его изотопы — актион и торон), имеющие малый период полураспада, не оказывают неблагоприятного воздействия на человека.

Важно, чтобы воздух имел определенный ионный состав. В воздухе содержатся отрицательные и положительные ионы, которые по подвижности разделяют на легкие, средние и тяжелые. Тяжелые ионы образуются в результате оседания легких ионов на различные частицы: пылинки, капли тумана и т. п. В незагрязненном воздухе преимущественно находятся легкие ионы, а в загрязненном — тяжелые. На жизнедеятельность организма человека благотворно влияют отрицательные ионы кислорода воздуха. Содержание легких ионов в воздухе производственных и общественных помещений, воздушная среда которых подвергается специальной обработке в системах кондиционирования, приведено в табл. 10. Для исследования ионизации воздуха применяют счетчики аэроионов САИ-ТГУ (г. Тарту) или АСИ-1 (г. Минск).

10. Допустимое содержание легких ионов в воздухе рабочей зоны

Уровень ионизации воздуха	Число ионов в 1 см³ воздуха		Значение показателя полярности π
	n^+	n^-	
Минимально необходимый	400	600	—0,2
Оптимальный	1000—3000	3000—5000	От —0,67 до 0
Максимально допустимый	50000	50000	От —0,05 до +0,05

Примечание: $\pi = (n^+ - n^-)(n^+ + n^-)$ и лежит в пределах $-1 < \pi < +1$, при равенстве положительных и отрицательных ионов $\pi = 0$.

Воздух рабочей зоны редко имеет вышеприведенный химический и ионный состав, так как многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух производственных помещений вредных веществ — паров, газов, твердых частиц — и генерированием различных излучений.

Загрязнение воздуха приводит к снижению работоспособности и ухудшению условий труда человека. Вредное действие загрязненного воздуха вызывается не только первичными компонентами промышленных выбросов, но и образующимися из них новыми токсичными веществами, т. н. фотооксидантами.

Пары, газы и пыли при концентрациях, превышающих ПДК, могут поражать различные органы человека или действовать лишь на определенные органы и физиологические системы человека — нервную систему, почки, печень, кожу и слизистые оболочки. Действие вредных веществ в условиях высоких температур, шума и вибраций значительно усугубляется. Загрязнение воздуха может достигать таких значений, которые приводят к профессиональной заболеваемости и даже смерти.

Для повышения трудоспособности и сохранения здоровья важно создать для человека стабильные метеорологические условия — микроклимат воздушной среды, в понятие которого входят температура, относительная влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Между организмом человека и внешней средой происходит непрерывный процесс теплового обмена, состоящий в передаче вырабатываемого организмом тепла в окружающую среду или получении им тепла из внешней среды. При этом следует учесть, что независимо от температуры окружающей среды температура тела человека сохраняется постоянной на уровне 36,5—37 °С. Установлено, что пределы возможных температур, при которых организм человека сохраняет жизнеспособность, относительно невелики. Смерть человека наступает при повышении температуры тела до 43 °С и при падении ее ниже 27—25 °С. Отдача тепла организмом осуществляется конвекцией, излучением и испарением влаги. При пониженной температуре среды удельный вес конвекционных потерь возрастает, а при повышенной увеличиваются потери тепла за счет испарения.

Влажность воздуха значительно влияет на терморегуляцию организма человека. Действие температуры окружающей среды зависит от сопутствующей относительной влажности воздуха. Повышенная влажность является неблагоприятным фактором не только в условиях жары, но и при пониженной температуре.

Значительное колебание параметров микроклимата приводит к нарушению терморегуляции организма, т. е. способности организма поддерживать постоянную температуру тела. Это приводит к нарушению систем кровообращения, нервной и потоотделительной, что может вызвать повышение или понижение температуры тела, слабость, головокружение, иногда и обморок, привести к снижению работоспособности и даже к профзаболеваниям.

Для обеспечения нормального микроклимата в рабочей зоне «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений» 1986 г. и ГОСТ 12.1.005—88 устанавливают оптимальные и допустимые температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха в определенных диапазонах в зависимости от периода года и категории работ (табл. 11) и допустимую интенсивность облучения.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону помещений, допустимые — на постоянные и непостоянные рабочие места рабочей зоны. Допустимые показатели устанавливаются в случаях, когда по технологическим, техническим и экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

Год разделяют на теплый и холодный периоды. Теплый период — период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха + 10 °С и выше, а холодный — период, характеризующийся температурой ниже + 10 °С.

Деление работ на категории — это разграничение работ на основе общих энергозатрат организма.

11. Нормируемые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая на рабочих местах		оптимальная	допустимая на постоянных и непостоянных рабочих местах	оптимальная	допустимая на постоянных и непостоянных рабочих местах*
			постоянных	непостоянных				
Холодный	Легкая:							
	Iа	22—24	21—25	18—26	40—60	75	0,1	не более 0,1
	Iб	21—23	20—24	17—25	40—60	75	0,1	не более 0,2
	Средней тяжести:							
	IIа	18—20	17—23	15—24	40—60	75	0,2	не более 0,3
	IIб	17—19	15—21	13—23	40—60	75	0,2	не более 0,4
	Тяжелая III	16—18	13—19	12—20	40—60	75	0,3	не более 0,5
Теплый	Легкая:							
	Iа	23—25	22—28	20—30	40—60	55 при 28 °С	0,1	0,1—0,2
	Iб	22—24	21—28	19—30	40—60	60 при 27 °С	0,2	0,1—0,3
	Средней тяжести:							
	IIа	21—23	18—27	17—29	40—60	65 при 26 °С	0,3	0,2—0,4
	IIб	20—22	16—27	15—29	40—60	70 при 25 °С	0,3	0,2—0,5
	Тяжелая III	18—20	15—26	13—28	40—60	75 при 24 °С и ниже	0,4	0,2—0,6

*Бо́льшая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре года, меньшая — минимальной. Для промежуточных значений температуры воздуха скорость его движения может быть определена интерполяцией.

Легкие физические работы (категория I) охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч (138 Дж/с) — категория Iа и от 120 до 150 ккал/ч (138—172 Дж/с) — категория Iб. К категории Iа относятся работы, выполняемые сидя и не требующие физического напряжения, к категории Iб — работы, выполняемые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Физические работы средней тяжести (категория II) охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет от 150 до 200 ккал/ч (172—232 Дж/с) — категория IIа, и от 200 до 250 ккал/ч (232—293 Дж/с) — категория IIб. К категории IIа относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения, а к категории IIб относятся работы, выполняемые стоя, связанные с ходьбой, перенесением небольших (до 10 кг) тяжестей и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Тяжелые физические работы (категория III) охватывают виды деятельности, при которых расход энергии превышает 250 ккал/ч (293 Дж/с), т. е. работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Рабочее место — место постоянного (более 50 % рабочего времени или более 2 ч непрерывно) или непостоянного (менее 50 % рабочего времени или менее 2 ч непрерывно) пребывания работающих в процессе трудовой деятельности. Соответственно различают постоянное и непостоянное рабочее место.

В кабинах, зоне расположения пультов и постов управления, зонах вычислительной техники, помещениях для выполнения работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные параметры микроклимата: температура 22—24 °С; влажность 60...40 %; скорость движения воздуха $\leqslant$ 0,1 м/с.

Температуры внутренних поверхностей строительных конструкций рабочей зоны и наружных поверхностей оборудования при обеспечении оптимальных параметров микроклимата не должны более чем на 2 °С выходить за пределы диапазона норм. Если температура поверхностей выше или ниже оптимальной температуры воздуха, то рабочие места должны быть удалены от них на расстояние не менее 1 м.Однако указанные требования не распространяются на системы отопления и охлаждения помещений и рабочих мест.

В теплый период года допускается повышение температуры воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах до 31 и 32 °С при легких работах; 30 и 31 °С при работах средней тяжести; 29 и 30 °С при тяжелой работе.

Санитарные нормы микроклимата и ГОСТ 12.1.005—88 предусматривают применение местного кондиционирования, воздушного душирования, средств индивидуальной защиты (СИЗ), устройство помещений для отдыха и обогрева, регламентацию времени отдыха в тех помещениях, где невозможно по каким-либо причинам обеспечить допустимые нормы температуры. И в целях профилактики тепловых травм температура ограждающих устройств (экранов от источников тепловых излучений) не должна превышать 45 °С.

5.2. Общие мероприятия по оздоровлению воздушной среды

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды относятся следующие

Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими, имеющие большое значение при выполнении технологических процессов, сопровождающихся пыле-, газо- и парообразованием, интенсивной конвекцией, и работ, связанных с систематическим физическим напряжением (категория III).

Исключение или сведение до минимума образования вредных физических факторов с помощью определенных технологических процессов и оборудования: замены токсичных материалов и веществ нетоксичными, применения вместо твердых и жидких топлив газообразного, нагрева материалов с помощью электромагнитного поля, применения средств улавливания и подавления вредных веществ в зоне их образования.

Герметизация оборудования и технологических процессов, при которых образуются вредные вещества.

Замена работы с применением сухих материалов работой с увлажненными материалами (мокрое шлифование взамен сухого).

Изоляция участков, на которых выполняются работы с выделением пыли и газа.

Тщательная систематическая уборка помещения (влажная или с применением пылесосов).

Обеспечение работающих комплексом санитарно-бытовых устройств (душами, умывальниками и т. д.).

Профессиональный отбор лиц для работы в цехах, где воздух загрязнен; предварительный и периодический медицинские осмотры.

Установление особого режима работы и отдыха (сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск и др.).

Санитарно-техническая пропаганда и обучение безопасным методам работы.

Защита от источников тепловых излучений, с помощью которой достигается уменьшение отдачи тепла лучеиспусканием и конвекцией.

Устройство вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления в соответствии со СНиП 2.04.05—84 и ГОСТ 12.4.021—75 и др.

Одним из важных средств защиты работающего от вредных производственных факторов и неблагоприятных метеорологических условий является применение СИЗ.

Обязательные мероприятия по предотвращению загрязнения воздушной среды при разработке и организации технологических процессов и конструировании производственного оборудования указаны в Санитарных правилах организации технологических процессов и гигиенических требованиях к производственному оборудованию, утвержденных заместителем министра здравоохранения СССР 4.04.1973 г., № 1042—73, а также в стандартах ССБТ на оборудование и технологические процессы.

5.3. Отопление производственных помещений

Системы отопления, вид и параметры теплоносителя, а также типы нагревательных приборов предусматриваются с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций и в соответствии с характером и назначением зданий и сооружений по СНиП 2.04.05—84 (табл. 12).

12. Системы отопления

Здания, сооружения и помещения	Система отопления, вид теплоносителя и нагревательных приборов
Производственные помещения с повышенными требованиями к чистоте воздуха	Воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией Водяное со встроенными в строительные конструкции нагревательными элементами и стояками Водяное с радиаторами и конвекторами
Помещения с производствами категорий Г и Д, технологический процесс в которых не сопровождается выделением пыли	Воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией Воздушное с рециркуляционными агрегатами Водяное и паровое высокого и низкого давления с ребристыми трубами, радиаторами, конвекторами Водяное со встроенными в строительные конструкции нагревательными элементами и стояками
Производственные помещения, технологический процесс в которых связан с выделением:	
невзрывоопасной и негорючей неорганической пыли, негорючих и не поддерживающих горения газов и паров	Воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией Водяное и паровое с высоким и низким давлением с радиаторами Водяное со встроенными в строительные конструкции нагревательными элементами и стояками
невзрывоопасной, органической, возгоняемой, неядовитой пыли	Воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией Водяное и паровое низкого давления с радиаторами Водяное со встроенными в строительные конструкции стояками и нагревательными элементами
легковозгоняемых ядовитых веществ	По специальным нормативным документам
Производственные здания и помещения различного назначения со значительными влаговыделениями	Воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией Водяное или паровое с радиаторами и ребристыми трубами
Производственные здания и помещения различного назначения с тепловыделениями	При количестве выделений тепла, достаточном для обогревания помещений, система отопления не проектируется При недостаточном количестве выделений тепла или невозможности использования тепла для обогревания помещений следует предусматривать устройство систем отопления, как для помещений с производствами категорий Г и Д

В зданиях и помещениях с производствами категорий А, Б по пожаровзрывоопасности предусматриваются системы воздушного отопления, работающие на наружном воздухе без рециркуляции.

В системах воздушного отопления в качестве теплоносителя для помещений с производствами категорий А, Б, В применяются горячая вода или пар с температурой не более 150 °С.

5.4. Естественная вентиляция

Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен. При естественной вентиляции он происходит вследствие разности температур воздуха в помещении и снаружи, а также в результате действия ветра. При действии ветра с подветренной стороны зданий создается пониженное давление, вследствие чего происходит вытяжка теплого и загрязненного воздуха из помещения; с наветренной стороны здания создается избыточное давление и свежий воздух поступает в помещения.

Различают следующие виды естественной вентиляции: неорганизованная и организованная — аэрация.

При неорганизованной вентиляции поступление и удаление воздуха происходит через неплотности и поры наружных ограждений (инфильтрация), через окна, форточки, фрамуги, фонари.

Аэрацией зданий называют организованную регулируемую естественную вентиляцию. Аэрация осуществляется под действием аэростатического и ветрового давления. Аэрацию применяют в цехах со значительными тепловыделениями, если концентрация вредных веществ в приточном воздухе не превышает 30 % ПДК в рабочей зоне. Аэрацию не применяют, если требуется предварительная обработка приточного воздуха или если приток наружного воздуха вызывает образование тумана или конденсата.

Для притока наружного воздуха в одно- и двухпролетных цехах устраивают проемы в наружных стенах, располагая низ проемов на высоте: в теплый период года — 0,3 ÷ 1,8 м; в холодный период года в цехах высотой менее 6 м на высоте не менее 3 м от пола (при этом они оборудуются козырьками или другими конструктивными элементами, отклоняющими приточный воздух под углом вверх), в цехах высотой более 6 м — на высоте не менее 4 м от пола.

Для притока наружного воздуха в многопролетных цехах устраивают проемы в наружных стенах и фонари в «холодных» пролетах, которые должны чередоваться с «горячими», причем «холодные» пролеты отделяют от «горячих» спущенными сверху перегородками, не доходящими до пола на 2—4 м.

Для удаления воздуха из аэрируемого помещения устраивают незадуваемые аэрационные и светоаэрационные фонари или шахты различных конструкций.

Методы расчета аэрации приведены в работе [9].

5.5. Механическая вентиляция

При механической вентиляции воздухообмен достигается за счет разности давлений, создаваемой вентилятором. Механическая вентиляция применяется в случаях, когда тепловыделения в цехе недостаточны для круглогодичного использования аэрации, а также если количество или токсичность выделяющихся в воздух помещения вредных веществ требует поддерживания постоянного воздухообмена независимо от внешних метеорологических условий.

При механической вентиляции воздух подвергается предварительной обработке: подогревается, охлаждается, увлажняется или осушается. Если удаляемый воздух загрязнен выше ПДК, то он подвергается очистке.

Механическая вентиляция делится на рабочую и аварийную. В свою очередь рабочая вентиляция подразделяется на общеобменную и местную.

Общеобменная вентиляция может быть выполнена в виде приточной, вытяжной или смешанной (приточно-вытяжной).

Приточная вентиляция обеспечивает подачу в производственные помещения чистого наружного воздуха. Она может применяться в производственных помещениях со значительными тепловыделениями и малой концентрацией вредностей. При этом удаление загрязненного воздуха осуществляется через фрамуги, дефлекторы или вентиляционные короба.

Вытяжная вентиляция может применяться в производственных помещениях, в которых отсутствуют вредные выделения и необходима малая кратность воздухообмена, во вспомогательных и бытовых помещениях, на складах.

Приточно-вытяжная вентиляция применяется во всех производственных помещениях, когда требуется повышенный и особо надежный обмен воздуха. При этом виде вентиляции целесообразно в производственных помещениях с малыми выделениями вредных веществ создавать небольшой подпор воздуха, а в смежных с ними помещениях со значительными выделениями вредных веществ приток воздуха должен составлять 95 % объема вытяжки. Недостающие 5 % приточного воздуха поступают из смежных, более чистых помещений.

Рециркуляция воздуха в системе приточно-вытяжной вентиляции применяется в холодное время года в целях экономии тепла, затрачиваемого на подогрев воздуха. При рециркуляции часть воздуха, удаляемого из помещения, после соответствующей очистки от производственных вредных веществ снова направляется в помещение.

При использовании принципа рециркуляции необходимо соблюдать следующие условия: количество чистого воздуха, поступающего извне, должно составлять не менее 10 % общего количества воздуха, подаваемого в помещение; воздух, поступающий в помещение, должен содержать не более 30 % вредных веществ 4 класса опасности по отношению к предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны.

Применение рециркуляции недопустимо в производственных помещениях, в воздушной среде которых могут быть ядовитые примеси, неприятные запахи и болезнетворные микроорганизмы или может резко увеличиваться концентрация вредных и взрывоопасных пылей, паров и газов.

Смешанная вентиляция применяется обычно в холодный период года, когда поступающий воздух необходимо подогревать, что и осуществляется механической вентиляцией, удаление воздуха из производственного помещения происходит путем естественной вентиляции.

Системы местных отсосов и системы общеобменной вытяжной вентиляции проектируются отдельно.

Системы общеобменной приточно-вытяжной вентиляции или кондиционирования воздуха производственных зданий и помещений без естественного проветривания необходимо проектировать, предусматривая не менее двух приточных и двух вытяжных вентиляционных установок, обеспечивающих при выключении одной из них производительность не менее 50 % требуемого воздухообмена. При проектировании одной приточной и одной вытяжной установки или кондиционера следует предусматривать установку резервных вентиляторов с электродвигателями, включаемых автоматически при остановке основных вентиляторов.

Системы аварийной вентиляции предусматриваются в производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух больших количеств вредных или взрывоопасных веществ, в соответствии с требованиями технологической части проекта, ведомственных нормативных документов и СНиП 2.04.05—84.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в помещения для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей или обслуживаемой зоне помещений, определяется расчетом на основании количества тепла, влаги и вредных веществ, поступающих в помещения, учитывая неравномерность их распределения по высоте и площади помещений, а также учитывая удаление воздуха местными отсосами от оборудования, общеобменной вентиляцией на технологические или другие нужды (на горение, на сушку и т. п.).

Для каждого периода года при проектировании вентиляции и кондиционирования воздуха следует принимать бо́льшую из величин $L_1...L_4$ (м³/ч), полученных из расчета по нижеприведенным формулам. При этом количество наружного воздуха должно быть таким, чтобы концентрация пыли, газов и паров в воздухе помещений не превышала предельно допустимой взрывобезопасной концентрации (ПДВК), а также норм на одного работающего (табл. 13).

Количество необходимого подаваемого воздуха по различным факторам определяется по формулам:

по избыткам явного тепла

$$L_1 = L_{о.\,з} + \frac{Q_я - 0{,}29L_{о.\,з}(t_{о.\,з} - t_п)}{0{,}29(t_{ух} - t_п)};$$

по избыткам влаги

$$L_2 = L_{о.\,з} + \frac{W - 1{,}2L_{о.\,з}(d_{о.\,з} - d_п)}{1{,}2(d_{ух} - d_п)};$$

по избыткам полного тепла

$$L_3 = L_{о.\,з} + \frac{Q_п - 1{,}2L_{о.\,з}(I_{о.\,з} - I_п)}{1{,}2(I_{ух} - I_п)};$$

по количеству выделяющихся вредных веществ

$$L_4 = L_{о.\,з} + \frac{Z - L_{о.\,з}(C_{о.\,з} - C_п)}{C_{ух} - C_п},$$

где $L_{о.\,з}$ — количество воздуха, удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические или другие нужды, м³/ч, при плотности воздуха $\rho = 1{,}2$ кг/м³; $Q_я$, $Q_п$ — избытки, соответственно явного и полного тепла в помещении, ккал/ч; $t_{о.з}$ — температура воздуха, удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические нужды, °С; $t_{ух}$, $t_п$ — температура, соответственно, удаляемо-

13. Минимальное количество наружного воздуха, подаваемого в помещения системами вентиляции и кондиционирования воздуха

Помещения или отдельные участки и зоны помещений	Объем помещения (участка зоны), приходящийся на 1 чел., м³	Количество наружного воздуха на 1 чел., м³/ч, и кратность воздухообмена		Примечания
		при возможности естественного проветривания помещения	при невозможности естественного проветривания помещения	
Производственные	Менее 20	30	—	—
	20 и более	20	—	—
	Любой	—	60, но не менее однократного обмена в помещении в час	При системах, подающих только наружный воздух, и при системах, работающих с рециркуляцией, если последние обеспечивают воздухообмен кратностью 10 в ч и более
			60, но не менее 20 % воздухообмена 75, но не менее 17,5% воздухообмена 90, но не менее 15 % воздухообмена 105, но не менее 12,5% воздухообмена 120, но не менее 10 % воздухообмена	При системах, работающих с рециркуляцией, но при кратности менее 10 в ч

го и подаваемого воздуха, °С; W — избытки влаги в помещении, г/ч; $d_{о.з}$ — влагосодержание воздуха, удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические или другие нужды, г/кг; $d_{ух}$, $d_{п}$ — влагосодержание воздуха, удаляемого и подаваемого в помещение, г/кг; $I_{о.з}$ — теплосодержание воздуха, удаляемого из рабочей или обслуживаемой зоны помещения местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические или другие нужды, ккал/кг; $I_{ух}$, $I_{п}$ — теплосодержание воздуха, удаляемого и подаваемого в помещение, ккал/кг; Z — количество вредных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч; $C_{о.з}$ — концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемом из рабочей или обслуживаемой зоны местными отсосами, общеобменной вентиляцией и на технологические или на другие нужды, мг/м³; $C_{ух}$, $C_{п}$ — концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемом из помещения за пределами рабочей или обслуживаемой зоны и подаваемом в помещение, мг/м³, $C_{п} \leqslant 0{,}3$ ПДК.

Для воздуха, поступающего в приемные отверстия и проемы местных отсосов, общеобменной вентиляции, технологических и других устройств, расположенных в рабочей или обслуживаемой зоне помещений, принимается: $t_{о.з} = t_{норм}$; $d_{о.з} = d_{норм}$; $I_{о.з} = I_{норм}$; $C_{о.з} =$ ПДК.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны помещения нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, количество подаваемого воздуха принимают по тому вредному веществу, для которого требуется подача наибольшего объема.

В тех случаях, когда происходит одновременное выделение нескольких вредных веществ однонаправленного действия, расчет общеобменной вентиляции выполняют путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества до его ПДК.

Температура воздуха, удаляемого из помещения, определяется по формуле

$$t_{ух} = t_{норм} + \Delta t\,(H - 2),$$

где Δt — температурный градиент по высоте помещения ($\Delta t = 1...5$ °С/м); H — расстояние от пола до центра вытяжных проемов, м; 2 — высота рабочей зоны, м.

5.6. Местная вентиляция

Местная вентиляция обеспечивает вентиляцию непосредственно у рабочего места и подразделяется на приточную и вытяжную. Местная приточная вентиляция служит для создания требуемых условий в ограниченной зоне помещения, а местная вытяжная — для улавливания вредных веществ непосредственно у места их выделения. Устройства местной вытяжной вентиляции (местные отсосы) условно разделяются на отсосы открытого и закрытого типа.

В зависимости от условий работы и зоны выделения вредных веществ местные приточные вентиляционные устройства делят на стационарные (воздушные души, оазисы и завесы), передвижные (воздушные души) и встроенные (в ручной инструмент и индивидуальные защитные средства).

Воздушное душирование применяется в горячих цехах на местах постоянного пребывания рабочих, подвергающихся воздействию инфракрасного излучения интенсивностью 350 Вт/м² и более. Для устранения перегрева организма рабочих приточный воздух направляется непосредственно на поверхность тела рабочего в виде так называемого воздушного обдувания (рис. 3, *а*). Скорость воздуха зависит от интенсивности инфракрасного излучения и категории работ.

Воздушные оазисы также являются мерой защиты от теплового излучения. Они предназначаются для улучшения метеорологических условий на ограниченной площади помещения, которая отделяется со всех сторон передвижными перегородками и заполняется чистым воздухом с температурой ниже, чем температура воздуха в помещении.

Воздушные завесы применяют с целью предотвращения поступления наружного холодного воздуха в производственное помещение через открытые двери или ворота и защиты людей от его воздействия (рис. 3, *в*, *г*). Устройство воздушной завесы состоит из воздуховодов с продольными щелями, через

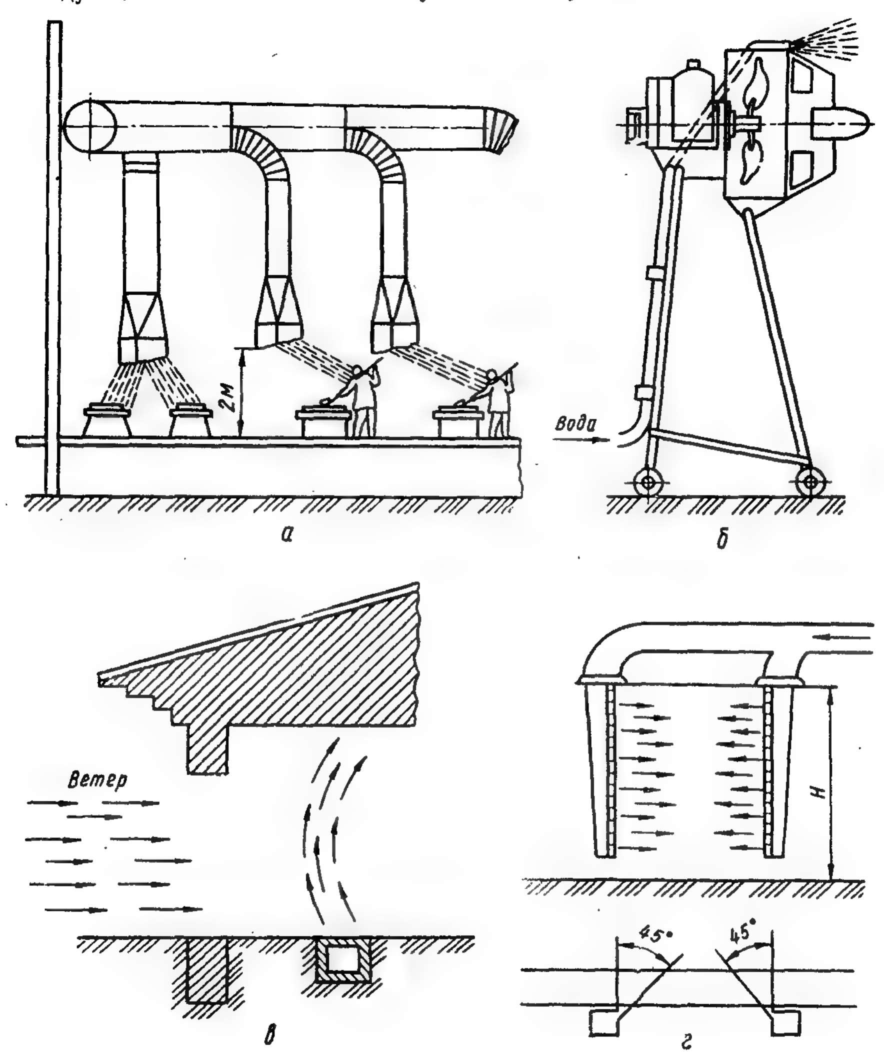


Рис. 3. Местная приточная вентиляция:

а — стационарная установка воздушного душирования; *б* — передвижная установка водо-воздушного душирования; *в* — воздушная завеса с нижней подачей воздуха; *г* — воздушная завеса с боковой подачей воздуха.

которые вентилятором со скоростью более 8 м/с нагнетается воздух под углом 30—45° к плоскости проема навстречу потоку, стремящемуся проникнуть в помещение. Воздушная завеса используется также у проемов в ограждении технологического оборудования как препятствие выбиванию горячего загрязненного воздуха в помещение и в других случаях, когда необходимо перекрыть воздушный поток через проем.

Передвижные местные приточные устройства применяются для обслуживания отдельных рабочих мест. В передвижных установках используются осевые вентиляторы, установленные на специальной стойке и подающие воздух на различные уровни по высоте и под любым углом (рис. 3, *б*). Наиболее эффективны передвижные установки, создающие водо-воздушные души, т. е. подающие на рабочее место увлажненный воздух. Температура воздуха и скорость его движения при воздушном душировании зависят от тяжести выполняемой работы и интенсивности инфракрасного излучения (см. табл. 56).

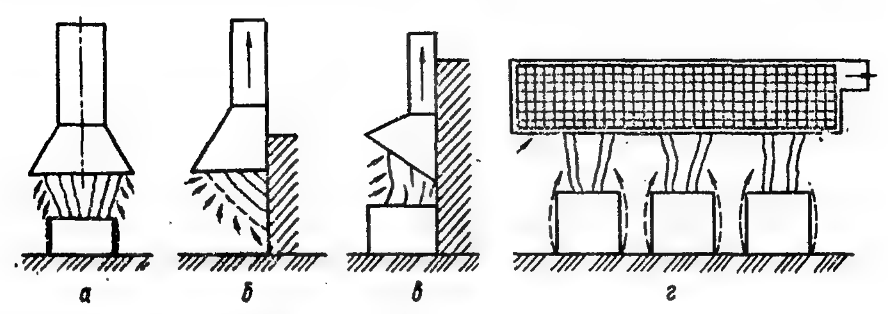


Рис. 4. Конструкция вытяжных зонтов:
а, в — над тепловым источником; *б* — возле проема печи; *г* — над несколькими источниками одинаковой полярности.

Встроенные в ручной инструмент устройства — это электропаяльник с обдувом и газовая горелка с обдувом.

Электропаяльник с обдувом обеспечивает отклонение от зоны дыхания конвективного потока, загрязненного аэрозолями свинца, олова, висмута и других металлов, образующихся при пайке оловянно-свинцовыми припоями, а также продуктами возгонки флюса.

Газовая горелка с обдувом позволяет уменьшить концентрацию сварочного аэрозоля в зоне дыхания сварщика.

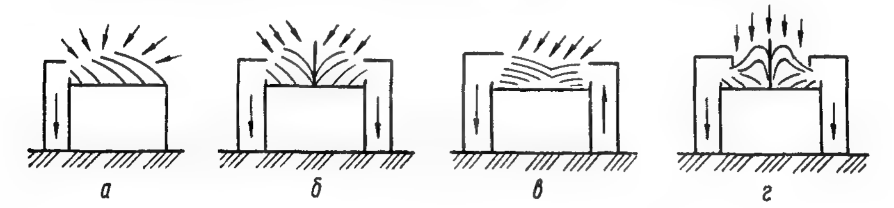


Рис. 5. Бортовые отсосы:
а — однобортовой; *б* — двубортовой; *в* — бортовой со сдувкой; *г* — опрокинутый.

Встроенные в защитные индивидуальные средства устройства подают чистый воздух под маску электросварщика. Применяется также маска с воздушной защитой «носорог». На передней стенке маски, ниже рамки со светофильтром, устанавливается перфорированная тонкая трубка. Сжатый воздух подается от компрессора. Струя воздуха, выходящая из трубки, отклоняет электросварочный факел.

Местные вытяжные отсосы открытого типа — это вытяжные зонты, бортовые и боковые отсосы, шарнирно-телескопические отсосы, встроенные в рабочие места и инструменты, и перемещаемые отсосы. В них всасывающее отверстие располагается на некотором расстоянии от источника образования вредных веществ.

Вытяжные зонты служат для улавливания потоков вредных веществ, направленных вверх. Их рекомендуется применять, когда источник образова-

ния пыли, паров и газов перемещается на значительной площади рабочего места как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости (рис. 4). Расчет количества удаляемого воздуха и конструкция зонтов приведены в работе [9].

Бортовые отсосы применяются преимущественно на ваннах (травильных, гальванических и др.) с горячими растворами, выделяющими вредные пары тяжелее воздуха. Эти отсосы могут быть различных конструкций: однобортовые, двубортовые, бортовые со сдувкой и опрокинутые (рис. 5).

Выделяющиеся пары всасываются вместе с воздухом через щелевое всасывающее отверстие с одного (при ширине ванны до 0,7 м) или с обоих бортов (0,7—1 м). Более экономичными являются бортовые отсосы со сдувкой паров с зеркала ванны струей воздуха и опрокинутые бортовые отсосы, а эффективными — двубортовые отсосы.

Расход воздуха L, м³/ч, извлекаемого через одно- и двубортовые отсосы,

$$L = 1400\left(0{,}53\frac{Bl}{B+l} + H\right)^{1/3} Blk_1 k_{\Delta t} k_T,$$

где B — расчетная ширина ванны, м; l — длина ванны, м; H — расстояние от зеркала электролита до оси щели, м; k_1 — коэффициент учета конструкций отсоса, принимаемый равным 1 для двубортового отсоса и 1,8 — для однобортового отсоса; $k_{\Delta t}$ — коэффициент учета температуры электролита (табл. 14); $k_т$ — коэффициент учета токсичности выделяющихся вредных веществ (табл. 15).

14. Значения коэффициента $k_{\Delta t}$ учета температуры электролита

Отсос	Разность температур раствора и воздуха, °С								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Двубортовой	1	1,16	1,31	1,47	1,63	1,79	1,94	2,1	2,26
Однобортовой с поддувом	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24

15. Значения коэффициента $k_т$ учета токсичности вредных веществ, выделяющихся с поверхности электролита

Технологический процесс	Вредные выделения	Максимальное количество выделяющихся вредных веществ, г/(с·м²)	$k_т$
Электрохимическая обработка металлов в растворах щелочи	Щелочь	0,011	1,6
Химическая обработка металлов, кроме алюминия и магния, в растворах щелочи при температуре раствора более 50 °С	«	—	1,0
Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах, содержащих соляную кислоту	Хлористый водород	0,08	1,25
Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах серной кислоты	Серная кислота	0,007	1,6

Боковые отсосы могут быть различных конструкций (рис. 6): односторонние верхние (*а*), угловые (*б*), односторонние нижние (*в*), комбинированные (*г*) и наклонные всасывающие панели (*д*).

Шарнирно-телескопический отсос состоит из сферического шарнира и выдвижного отсасывающего патрубка. Шарнир позволяет отклонять патрубок на 23° в любом направлении от вертикальной оси. Отсос позволяет обслуживать площадь диаметром 1,2 м, максимально возможное его перемещение по высоте — 0,5 м.

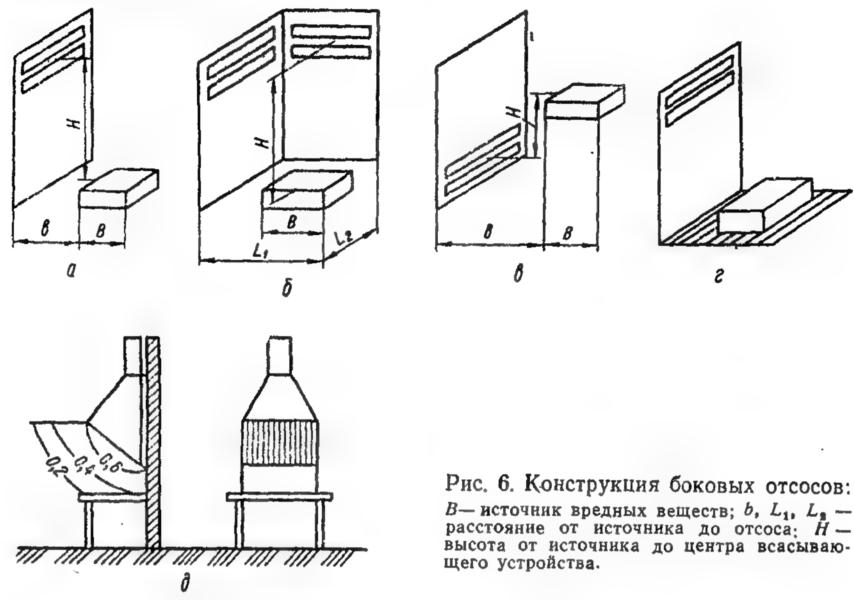


Рис. 6. Конструкция боковых отсосов:
В — источник вредных веществ; *b*, L_1, L_2 — расстояние от источника до отсоса; *H* — высота от источника до центра всасывающего устройства.

Количество удаляемого воздуха, м³/с, определяется по формуле

$$L = 4\pi X^2 v_x,$$

где *X* — расстояние от источника образования вредных веществ до отсасывающего патрубка, м; v_x — скорость движения воздуха, м/с.

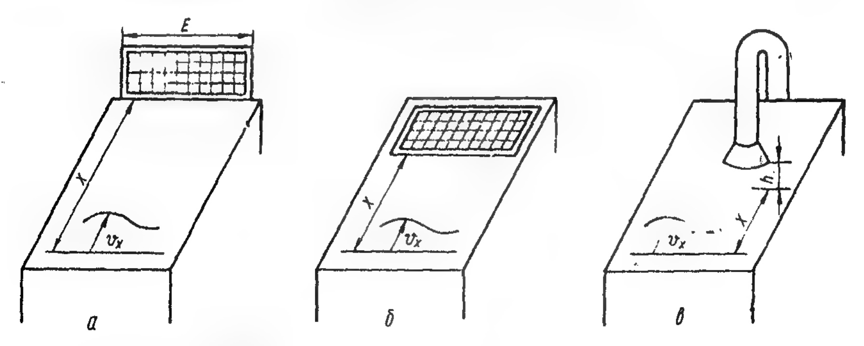


Рис. 7. Отсосы от рабочих столов.

Отсосы, встроенные в рабочие места, применяются при пайке, сварке и т. д. Различают отсосы с приемными отверстиями в вертикальной плоскости (рис. 7, *а*), в плоскости стола (рис. 7, *б*) и над столом (рис.7, *в*), используются также и наклонные панели. Для улавливания выделяющихся при пайке вредных паров обычно используются местные отсосы в виде всасывающих круглых или прямоугольных отверстий с открытыми кромками, устанавливаемые в вертикальной плоскости.

Количество отсасываемого воздуха, м³/с, для прямоугольных отверстий с острыми кромками

$$L = (S + 7{,}7E^{0,63}X^{1,4})\, v_x,$$

где S — площадь всасывающего отверстия, м²; E — большая сторона прямоугольного всасывающего отверстия, м, $E = 0{,}14...0{,}28$ м; X — расстояние от плоскости всасывающего отверстия до рассматриваемой зоны пайки, м, $X = 0{,}1...0{,}3$ м.

Меньшая сторона прямоугольного всасывающего отверстия определяется из оптимального соотношения между сторонами всасывающей щели B и E, при котором количество отсасываемого воздуха будет минимальным: $B/E = 0{,}24\,(X/E)^{0,36}$.

Площадь всасывающего отверстия $S = BE$. Формула справедлива в пределах значений $B/E = 0{,}01 \ldots 1{,}0$.

Для круглого отверстия количество отсасываемого воздуха

$$L = \frac{\pi}{4}\,(d^2 + 9{,}1d^{0,6}X^{1,4})\, v_x,$$

где d — диаметр всасывающего отверстия, м.

Расход удаляемого воздуха, м³/ч, из отсоса с приемным отверстием над столом определяется по формуле

$$L = 6800\pi v_x\,(X^2 + h^2)^{3/2}/X,$$

где h — уровень центра всасывающего отверстия над поверхностью стола, м; X — расстояние от заданной точки на поверхности стола до проекции на нее центра всасывающего отверстия, м.

Применяются также встроенные в инструменты, например, в паяльник, отсосы: кольцевые или верхние. Кольцевой отсос располагается в непосредственной близости от тела паяльника. Количество удаляемого воздуха составляет 1,5 м³/ч при диаметре до 3 мм и 6 м³/ч при диаметре до 6 мм. Верхний отсос располагается над концом паяющего стержня. Количество удаляемого воздуха при диаметре стержня до 6 мм составляет 3 м³/ч.

Отсосы, перемещаемые вместе с инструментами (при сварке на нефиксированных местах), устанавливаются в непосредственной близости от зоны образования вредных веществ с помощью пневматического присоска на стенке либо на потолке.

Местные отсосы закрытого типа — витринные укрытия, вытяжные шкафы, камеры, кабины, кожухи укрывают зоны источников образования вредных веществ на производственном оборудовании.

Отсосы витринного типа (остекленные панели) представляют собой низкие вытяжные шкафы с остекленной верхней крышкой — стекло может быть органическое.

Укрытия-козырьки не имеют верхней остекленной крышки. Рабочий смотрит внутрь укрытия через проем по всему фронту укрытия. Высота рабочего проема принимается 400—600 мм.

Укрытия-боксы, не имеющие открытых проемов, применяются при работе с особо токсичными и радиоактивными веществами. В боксы встроены резиновые рукава с перчатками или манипуляторы, а также специальная форкамера, служащая для загрузки бокса и удаления из него обрабатываемых материалов и изделий.

Вытяжные шкафы бывают различной конструкции и находят широкое применение при термической и гальванической обработке металла, окраске, развеске и расфасовке сыпучих материалов, при различных операциях, связанных с выделением вредных газов и паров. Различают шкафы с верхним, нижним и комбинированным отсосами.

Кожухи, укрывающие только часть машины или аппараты, наиболее применимы при борьбе с пылью.

Конструкции местных отсосов и определение количества удаляемого воздуха приведены в работах [1; 6; 9].

Правильность выбора формы и конструктивных размеров элементов приточного и вытяжного устройства и воздуховодов проверяется расчетом гидравлического сопротивления его потоку приточного или отсасываемого воздуха.

Общее гидравлическое сопротивление (потери давления), Н/м², приточного или вытяжного устройства и воздуховодов рассчитывается по формуле

$$p = \sum_{i=1}^{m} R_i l_i + \sum_{j=1}^{n} Z_j,$$

где R_i— потери давления по длине на i-м участке вентиляционной системы Н/м² на 1 м [5]; l_i— длина i-го участка, м; Z_j — потери давления на j-м местном сопротивлении, Н/м²,

$$Z_j = \xi \frac{\rho v^2}{2};$$

ξ — коэффициент местного сопротивления (приточного насадка, колена, тройника и пр.) [9]; $\frac{\rho v^2}{2}$ — скоростной напор [9].

Вентилятор подбирается по рассчитанным величинам расхода воздуха и общего гидравлического сопротивления. Через проточную часть вентилятора протекает несколько большее количество воздуха за счет подсосов через неплотности в конструкционных элементах местных вытяжных устройств и воздуховодов. Поэтому производительность вентилятора принимают $L_в = (1{,}1...1{,}2)L$.

Полное давление $p_п$, развиваемое вентилятором, расходуется на преодоление сопротивлений во всасывающем $p_{св}$ и нагнетательном $p_н$ воздуховодах, возникающих при перемещении воздуха:

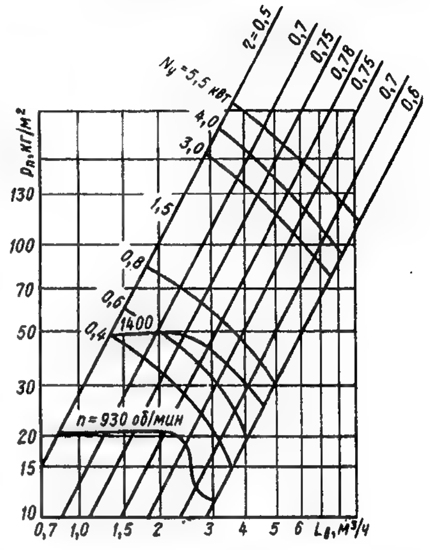


Рис. 8. Типовая рабочая характеристика вентилятора.

$$p_п = p_{вс} + p_н.$$

При подборе вентиляторов пользуются их рабочими характеристиками, которые представляются графически (рис. 8) [5].

По величине производительности $L_в$ и развиваемого напора $p_п$ выбираются марки и типоразмер вентилятора. Вентиляторы следует выбирать такие, КПД (η) которых при заданных условиях будет иметь наибольшее значение, не менее 0,6. Требуемая мощность на валу вентилятора $N_в$, кВт, определяется по формуле

$$N_в = \frac{L_в p_п (273 + t)}{1000 \eta 293 \cdot 102},$$

где $L_в$ — производительность вентилятора, м³/с; $p_п$— полное давление, развиваемое вентилятором при температуре $t = 20$ °C, Н/м².

Необходимая мощность электромотора, кВт, определяется по формуле

$$N_м = k N_в / \eta_п,$$

где k — коэффициент запаса; $\eta_п$ — КПД передачи от электромотора к вентилятору.

Перемещаемый вентиляторами воздух может содержать самые разнообразные примеси в виде пыли, газов, паров, кислот и щелочей, а также взрывоопасные смеси. Поэтому в зависимости от состава перемещаемого воздуха вентиляторы изготовляют из определенных материалов и различной конструкции. Вентиляторы обычного исполнения используются для перемещения чистого или малозапыленного воздуха (до 150 мг/м³ с температурой не выше 150 °С); антикоррозионного исполнения — для перемещения агрессивных сред (пары кислот, щелочей); взрывобезопасного исполнения — для перемещения взрывоопасных смесей, содержащих водород, ацетилен и т. д.; пылевые — для перемещения пыльного воздуха (содержание пыли более 150 мг/м³).

Для подбора осевых вентиляторов, как правило, нужно знать требуемую производительность. Номер вентилятора и электродвигатель к нему выбирают по справочникам [9].

Очистка воздуха от пыли может производиться как при подаче наружного воздуха в помещение, так и при удалении запыленного. В первом случае обеспечивается защита работающих в производственных помещениях, а во втором — защита окружающей атмосферы.

Работа обеспыливающего оборудования оценивается коэффициентом очистки воздуха, который определяется по формуле

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100\ \%,$$

где C_1 и C_2 — концентрация пыли до и после очистки, мг/м³.

Обеспыливающее оборудование подразделяется на пылеуловители и воздушные фильтры.

Пылеуловители применяются для улавливания пыли из воздушных выбросов вытяжных вентиляционных систем, если содержание пыли в них превышает концентрации C_1 и C_2, определяемые по следующим формулам: при объеме воздуха, выбрасываемого в атмосферу, более 15000 м³/ч $C_1 = 100\ k$; при объеме воздуха, выбрасываемого в атмосферу, 15000 м³/ч и менее $C_2 = (160 - 4 \cdot 10^{-3} L)\ k$. Здесь L — объем удаляемого воздуха, м³/ч; k — коэффициент, принимаемый в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещения на постоянных рабочих местах; его значения приведены ниже.

Значения k, принимаемые при определении допустимого содержания пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу

Предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещения, мг/м³	k
2 и менее	0,3
Более 2 до 4	0,6
Более 4 до 6	0,8
6 и более	1

При выбросах воздуха, удаляемого системами местных отсосов, с концентрациями пыли, не превышающими величин C_1 и C_2, допускается не предусматривать средств для очистки.

Выброс в атмосферу удаляемого системами местных отсосов от оборудования воздуха, содержащего взрывоопасные вещества или вредные вещества 1-го и 2-го класса опасности или неприятно пахнущие вещества, следует предусматривать выше уровня аэродинамической тени, создаваемой зданиями, с помощью высоких труб или высокоскоростными струями («факельный выброс»).

Воздушные фильтры применяются для очистки от пыли наружного и рециркуляционного воздуха, подаваемого в помещения системами приточной вентиляции и кондиционирования воздуха.

Для очистки приточного воздуха от пыли применяют пористые воздушные фильтры и электрические воздушные фильтры промывного типа (табл. 16).

16. Характеристика воздушных фильтров

Тип фильтров	Класс фильтров	Воздушная нагрузка на входное сечение, м³/(ч·м²)		Сопротивление, Н/м²	Пылеемкость, г/м², выходного сечения	Средняя начальная запыленность очищаемого воздуха, мг/м³, не более	
		рекомендуемая	допустимая			допустимая	предельная
Смоченные пористые							
Масляные с различным заполнением (металлическими пластинками, проволочными и полимерными сетками)							
самоочищающиеся Кд, КдМ, Кт	III	6000	7000	80	7—15 % (от массы масла в ванне)	0,5	1
самоочищающиеся ФШ	III	7000	8000	80	7—15 %	1	3
ячейковые ФяР	III	6000	7000	60	2300	1	3
ячейковые ФяВ	III	6000	7000	60	2600	1	3
Волокнистые							
рулонные ФРУ	III	8000	10000	60	450	0,5	1
ячейковые ФяУ	III	6000	7000	40	570	0,3	0,5
Сухие пористые							
Волокнистые							
рулонные ФРП	III	5000	9000	100	1000	4	6
ячейковые ЛАИК	I	По каталогам заводов-изготовителей					
ячейковые ФяЛ	I	6000	7000	100	430	0,05	0,15
Губчатые							
ячейковые ФяП	III	6000	7000	70	350	0,3	0,5
Электрические							
Двухзональные промывные							
агрегатные ФЭ и тумбочные ЭФ-2	II	7000	8000	10 и 50	1500	2	10

В зависимости от эффективности фильтры делятся на три класса:

Класс фильтров (размеры частиц)	*Эффективность очистки, %, не менее*
I (любых размеров)	99
II (>1 мкм)	85
III (10—5 мкм)	60

Фильтры выбирают с учетом начальной запыленности воздуха, допускаемой остаточной концентрации пыли, сопротивления фильтра, а также его конструктивных и эксплуатационных особенностей.

Методика расчета, подбора и конструкция воздушных фильтров приведены в работе [9].

Для очистки вентиляционных выбросов применяют гравитационные пылеуловители, инерционные сухого и мокрого типа, пылеуловители-промыватели

контактного типа, тканевые и электрические пылеуловители. По эффективности пылеуловители подразделяют на пять классов.

Класс пылеуловителей (размеры частиц, мкм)	*Эффективность очистки, % (группа дисперсности пыли)*
I (0,3—0,5)	< 80 (V) 99,9—80 (IV)
II (>2)	92—45 (IV) 99,9—92 (III)
III (>4)	99—80 (III) 99,9—99 (II)
IV (>8)	99,9—95 (II) >99,9 (I)

Наиболее применяемые пылеуловители для очистки вентиляционных выбросов приведены в табл. 17. Методика расчета и конструкция пылеуловителей приведены в работе [9].

17. Основные виды пылеуловителей

Тип пылеуловителя	Класс пылеуловителя	Область целесообразного применения в зависимости от группы дисперсности					Сопротивление, Н/м²
		I	II	III	IV	V	
Гравитационные							
Пылеосадочные камеры	V	—	—				200
Инерционные							
Циклоны большой производительности (одиночные и групповые)	V	—	—				600
Циклоны высокой эффективности	IV		—	—			2000
Батарейные циклоны	IV		—	—			2000
Центробежные скрубберы ЦВП, СИОТ	IV		—	—			1000
То же, скоростные	III			—			2000
Струйные ПВМ	II			—	—		4500
	III			—			1500
«Вентури»	I				—	—	>10000
КМП типа «Вентури»	II			—	—		4500
Промыватели							
Пенные	II			—	—		2000
Тканевые							
Сетчатые (для улавливания волокнистой пыли)		—					1000
Матерчатые (рукавные)	I				—	—	2500
	II			—	—		1500
	III	—	—				600
Электрические							
Электрические пластинчатые	I			—			300
	II				—	—	600

5.7. Исследование параметров воздуха рабочей зоны

Для определения эффективности вентиляционных установок проводятся два вида испытаний: техническое испытание и санитарно-гигиеническая проверка.

Техническое испытание проводится перед пуском смонтированной установки в эксплуатацию, после ремонта и периодически по графику, разработанному вентиляционным бюро предприятия. Его цель — проверить общее сопротивление, производительность установки, скорость движения воздуха и давление в воздуховодах, температуру и влажность приточного воздуха.

Санитарно-гигиеническая проверка устанавливает, обеспечивает ли вентиляционная установка или система требуемый метеорологический режим в помещении и на рабочих местах, а также чистоту воздуха.

Методы исследования метеорологических условий. В соответствии с «Санитарными нормами микроклимата производственных помещений» исследование параметров микроклимата необходимо проводить в холодный и теплый периоды года в течение 1 дня в начале, середине и конце рабочей смены. Замеры проводятся на высоте: при работе сидя — 1,0 м и стоя — 1,5 м от пола, площадки.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест и при отсутствии локальных тепло- или влагоисточников измерения выполняются в 4 местах (равномерно рассредоточить) при площади помещения до 100 м^2, в 8 местах при 101 —400 м^2 и в точках на расстоянии до 10 м друг от друга при площади более 400 м^2. Выборочно проводятся замеры параметров воздуха на высоте 0,1; 1,0 и 1,7 м над полом.

Для измерений температуры воздуха в помещении применяются термоанемометры, при наличии источника теплового излучения — аспирационные психрометры.

Для установления наибольшей и наименьшей температуры за какой-либо период времени пользуются максимально-минимальным термометром.

Для измерения истинной температуры воздуха в условиях теплового излучения пользуются парным ртутным термометром.

Относительную влажность воздуха измеряют психрометрами и гигрометрами.

Для длительного (в течение суток, недели) и непрерывного измерения и регистрации основных метеорологических факторов применяются самопишущие приборы: термографы — для автоматической записи температуры воздуха; гигрографы — для регистрации во времени изменения влажности воздуха.

Для измерения скорости движения воздуха применяются анемометры двух типов — крыльчатые и чашечные, катотермометры и электроанемометры.

Для непрерывной регистрации изменения атмосферного давления в наземных условиях служат барографы и барометры.

Для определения барометрического давления, температуры воздушной среды и относительной влажности применяется универсальный прибор — баротермогигрометр.

Методы определения газов, паров и пыли в воздухе рабочих помещений. По правилам производственной санитарии в каждом цехе должно систематически контролироваться состояние воздушной среды. Место отбора проб определяют местные санитарные организации.

Средства и способы санитарно-химического анализа воздуха подразделяют на три основные группы: лабораторные, экспрессные и автоматические.

Существует более 200 различных методик определения вредных примесей в воздухе производственных помещений, в основу которых положены физические, физико-химические и биологические процессы.

Наиболее точными являются лабораторные методы: фотометрические, люминесцентные, хроматографические, спектроскопические и др.

Экспресс-методы определения концентрации газообразных примесей в воздухе промышленных помещений достаточно просты и позволяют в короткий промежуток времени (3—20 мин) получить информацию о содержании вредных веществ. Одним из экспресс-методов является линейно-колористи-

ческий, который дает возможность объективно определить концентрацию вредных примесей в воздухе. Для реализации этого метода применяют газоанализаторы (УГ-1, УГ-2, УГ-3) различных конструкций.

Автоматические методы анализа воздуха производственных помещений подразделяются на механические, основанные на зависимости плотности газовой смеси от концентрации определяемого компонента, а также диффузионной способности смеси — в зависимости от концентрации составляющих ее веществ; акустические, характеризующиеся зависимостью скорости распространения или поглощения звуковых волн в смеси от концентрации определяемого компонента; магнитные, определяемые зависимостью физических свойств смеси в магнитном поле от концентрации определяемого компонента; оптические, обусловленные зависимостью оптических свойств смеси от концентрации образующих ее веществ; тепловые, основанные на зависимости теплопроводности смеси или теплового эффекта химической реакции от концентрации определяемого компонента.

Методы, основанные на зависимости теплового эффекта химической реакции от концентрации составляющих смеси, делят на термосорбционные (поглощение тепла в результате химической реакции) и термокаталитические (выделение тепла в результате химической реакции).

Перечень газоанализаторов, газосигнализаторов токсических веществ в воздухе и индикаторных трубах для контроля воздушной среды приведен в работе [3].

Запыленность воздуха измеряют двумя способами: весовым и счетным.

Весовой метод состоит в том, что заданный объем запыленного воздуха просасывается через фильтр, задерживающий пыль. Массу задержанной пыли определяют по разности масс фильтра до и после прокачивания через него запыленного воздуха.

Концентрацию пыли рассчитывают по формуле

$$C = (m_2 - m_1)/L,$$

где m_1, m_2 — масса соответственно чистого фильтра и с пылью, мг; L — объем воздуха, протянутого через фильтр, м³.

В производственных условиях пробу воздуха берут обычно в зоне дыхания рабочего (на высоте 1,5—2 м от пола). В каждой точке берут несколько проб.

В настоящее время промышленностью выпускаются приборы типов ИЗВ и «Приз», предназначенные для массового измерения концентрации пыли. Принцип их действия основан на определении степени поглощения α-частиц отобранной фильтром пробы. Недостатками их являются относительно высокая погрешность (± 30 %), значительные габаритные размеры и высокая измеряемая концентрация пыли — до 50 мг/м³.

Некоторые технологические процессы предъявляют очень высокие требования к микроклимату, и главным образом к чистоте воздуха. Так, при изготовлении интегральных схем в рабочей зоне должно быть не более 2—3 частиц пыли диаметром 0,5—0,7 мкм в 1 л воздуха. Контроль чистоты воздуха при малых концентрациях пыли ведут счетным методом с использованием фотоэлектрического анализатора типа АЗ-2м, который обеспечивает измерение аэрозольных частиц от 1 до 25000 в 1 л диаметром от 0,3 до 1 мкм. Применяется также автоматический анализатор микрочастиц СМФ-5, выполненный в пятиканальном варианте и позволяющий измерять сразу пять частиц пыли неодинаковых размеров.

Непрерывный контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны предусматривает применение системы самопишущих автоматических приборов, выдающих световой или звуковой сигнал, если превышается уровень ПДК данного вещества. Применяемые приборы и способы контроля должны обеспечить определение каждого фактора производственной вредности на фоне других факторов и дать их количественную оценку.

5.8. Средства индивидуальной защиты

В соответствии с ГОСТ 12.1.005—88 при превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны персонал должен быть снабжен средствами индивидуальной защиты, которые являются

одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на трудящихся опасных и вредных производственных факторов. Все СИЗ согласно ГОСТ 12.4.011—87 подразделяют на следующие классы в зависимости от назначения: одежда специальная защитная, средства защиты ног, рук, головы, органов дыхания, лица, глаз, защитные дерматологические средства и др.

При выборе СИЗ необходимо учитывать конкретные условия производственного процесса, вид, интенсивность и длительность воздействия опасного и вредного производственного фактора, а также индивидуальные особенности работающих.

Спецодежда, спецобувь и средства защиты рук классифицированы по защитным свойствам с установлением соответствующих условных обозначений и эмблем [8]. В работе [8] указаны конкретное назначение вышеназванных СИЗ, условия их применения и уход за ними при защите от повышенных температур и теплового излучения (ГОСТ 12.4.045—78, ГОСТ 12.4.032—77, ГОСТ 12.4.050—78, ГОСТ 12.4.010—75); пониженных температур (ГОСТ 12.4.084—80, ГОСТ 12.4.032—77, ГОСТ 12.4.050—78, ГОСТ 12.4.010—75); нетоксичной пыли (ГОСТ 12.4.086—80, ГОСТ 12.4.100—80, ГОСТ 12.4.085—80, ГОСТ 12.4.099—80, ГОСТ 12.4.137—84); токсичных веществ (ГОСТ 12.4.137—84); воды и растворов нетоксичных веществ (ГОСТ 12.4.030—77, ГОСТ 12.4.134—83, ГОСТ 12.4.043—78, ГОСТ 12.4.072—79); растворов кислот и щелочей (ГОСТ 12.4.036—78, ГОСТ 12.4.037—78, ГОСТ 12.4.137—84); нефти, нефтепродуктов, масел и жиров (ГОСТ 12.4.111—82, ГОСТ 12.4.086—80, ГОСТ 12.4.112—82, ГОСТ 12.4.085—80, ГОСТ 12.4.137—84); общих производственных загрязнений (ГОСТ 12.4.109—82, ГОСТ 12.4.108—82); органических растворителей и др.

К средствам индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) от воздействия удушливых и токсических газов, паров и пыли относят респираторы, промышленные противогазы и изолирующие дыхательные аппараты, которые обеспечивают очистку вдыхаемого воздуха от вредных веществ до содержания, не превышающего ПДК по ГОСТ 12.1.005—88.

Применяемые СИЗОД в соответствии с ГОСТ 12.4.034—85 делятся на фильтрующие, обеспечивающие защиту в условиях содержания кислорода в воздухе не менее 18 % и ограниченного содержания вредных веществ и изолирующие, обеспечивающие защиту в условиях недостаточного содержания кислорода и неограниченного содержания твердых веществ. Типы, конструкции, условия их эксплуатации и общие правила применения и организации службы эксплуатации СИЗОД приведены в работе [8].

К средствам защиты органов зрения и лица от твердых частиц, пыли, брызг, агрессивных жидкостей относятся защитные очки и защитные лицевые щитки (ГОСТ 12.4.013—85, ГОСТ 12.4.023—84).

Защитные очки выпускаются различной конструкции и применяются для защиты органов зрения от воздействия твердых частиц при станочной обработке металла, пластмассы и других материалов; слепящей яркости видимого света, инфракрасного и ультрафиолетового излучения и сочетания их с воздействием твердых частиц; лазерного излучения; электромагнитных излучений сантиметрового и дециметрового диапазона; паров, газов и пыли; брызг кислот и щелочей [8].

Защитные щитки, предназначенные для индивидуальной защиты органов зрения и лица от воздействия опасных и вредных производственных факторов, по способу крепления делят на наголовные (крепятся на голове), ручные (при работе удерживаются в руке) и универсальные [8]. По конструктивному исполнению они могут быть со светопропускающим бесцветным корпусом, со светофильтрующим — прозрачным окрашенным корпусом, сетчатым корпусом со смотровым стеклом, с непрозрачным корпусом со смонтированным стеклом.

Защитные щитки защищают от твердых частиц и брызг; слепящей яркости видимого излучения; ультрафиолетового и инфракрасного излучений, брызг расплавленного металла, искр, твердых частиц; электромагнитных излучений; ионизирующих излучений.

Классификация, типы и условия применения СИЗ глаз и лица, а также уход за ними указаны для каждой профессии в работе [8].

Список литературы

1. **Гримитлин М. И., Сметанин А. В.** Местные вытяжные вентиляционные устройства в промышленности.— Л.: ЛПИ, 1976.— 48 с.
2. **Долин П. А.** Справочник по технике безопасности.— М.: Энергоиздат, 1982.— 800 с.
3. **Каталог** приборов контроля взрывоопасных и токсических веществ в воздухе. Северодонецк: ВНИИТБХП, 1974.— 80 с.
4. **Охрана** труда в машиностроении / Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова.— М.: Машиностроение, 1983.— 432 с.
5. **Руководство** к практическим занятиям по гигиене труда / Под ред. З. И. Израэльсона, Н. Ю. Тарасенко.— М.: Медицина, 1973.— 480 с.
6. **Сабарно Р. В., Степанов А. Г., Слонченко А. В.** Локализация производственных вредностей с помощью местной вентиляции.— К.: Об-во «Знание» УССР, 1978.— 40 с.
7. **Санитарные** нормы микроклимата производственных помещений.— М.: Минздрав СССР, 1986.— 12 с.
8. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под общей ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.— 176 с.
9. **Староверов И. Г.** Справочник проектировщика. Ч. II. Вентиляция и кондиционирование воздуха.— М.: Стройиздат, 1978.— 510 с.

Глава 6

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

6.1. Основные характеристики освещения

Ощущение света при воздействии на глаза человека вызывают электромагнитные волны оптического диапазона. Видимая часть оптических излучений располагается между областями ультрафиолетовых и инфракрасных излучений и лежит в диапазоне длин волн 380—760 нм.

Свет действует на глаза и через них на центральную нервную систему, кору больших полушарий головного мозга и на весь организм человека, вызывая усиление деятельности дыхательных органов, улучшая состояние и стимулируя деятельность всего организма.

При плохом освещении возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев: до 5 % травм можно объяснить недостаточным освещением, а в 20 % случаев оно способствовало их возникновению. Плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям: рабочая миопия (близорукость), спазм аккомодации, нистагм. У лиц, полностью или частично лишенных естественного света (по роду работы или в силу географических условий), может возникнуть световое голодание.

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. Количественными показателями являются световой поток, сила света, освещенность, яркость и светимость. Качественными показателями, определяющими условия зрительной работы, являются фон, контраст объекта с фоном, видимость, цилиндрическая освещенность, показатель ослепленности, показатель дискомфорта и коэффициент пульсации освещенности.

При исследовании освещения производственных помещений измеряются плоскостная (горизонтальная, вертикальная и наклонная) и объемная (цилиндрическая и полусферическая) освещенность. Для измерения плоскостной освещенности применяется объективный люксметр Ю-116. Люксметр представляет собой сочетание фотоэлемента и миллиамперметра. Световой поток вызывает протекание фототока через миллиамперметр, шкала которого проградуирована в люксах. Прибор имеет два предела измерений: до 30 и 100 лк. Прилагаемые к прибору насадки позволяют расширять диапазоны измерений в 10, 100 и 1000 раз. Погрешность измерения без насадок ± 10 %, с насадками ± 15 % измеряемой величины.

В зависимости от источника света производственное освещение бывает естественное, искусственное и совмещенное.

Для создания благоприятных условий труда производственное освещение должно отвечать следующим требованиям:

1. Освещенность на рабочем месте должна соответствовать гигиеническим нормам. Увеличение освещенности рабочей поверхности до определенного предела улучшает видимость объекта, увеличивает скорость различения предметов и повышает производительность труда.

2. Яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства должна распределяться по возможности равномерно, так как перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность и наоборот вызывает утомление глаз. Равномерному распределению яркости способствует светлая окраска потолка, стен, оборудования.

3. На рабочей поверхности не должно быть резких теней, так как они создают неравномерное распределение яркости, искажают форму и размеры объектов и вызывают утомление зрения, а наличие подвижных теней, кроме того, способствует возникновению травм.

4. Блескость (прямая или отраженная) должна отсутствовать в поле зрения. Прямая блескость создается поверхностями источников света, и ее уменьшение осуществляется уменьшением яркости источников света, соответствующим выбором защитного угла светильника и увеличением высоты подвеса светильников. Отраженная блескость создается поверхностями с большими коэффициентами и отражением по направлению к глазам. Ослабление отраженной блескости достигается подбором направления светового потока на поверхность и заменой блестящих поверхностей матовыми.

5. Освещение должно обеспечивать необходимый спектральный состав света для правильной цветопередачи. Правильную цветопередачу создают естественное освещение и искусственные источники света со спектральной характеристикой, близкой к естественному освещению.

В зависимости от зрительной работы помещения подразделяются на следующие четыре группы (СНиП II-4—79):

I группа — помещения, в которых различение объектов зрительной работы осуществляется при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность (производственные помещения промышленных предприятий, рабочие кабинеты, конструкторские бюро, аудитории, лаборатории и т. п.);

II группа — помещения, в которых проводится различение объектов при нефиксированной линии зрения и обзор окружающего пространства (производственные помещения, в которых ведется только надзор за работой технологического оборудования, выставочные залы, залы столовых и т. п.);

III группа — помещения, в которых обзор окружающего пространства осуществляется при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов (зрительные залы и фойе клубов, комнаты ожидания, актовые залы, вестибюли, гардеробные общественных зданий и т. п.);

IV группа — помещения, в которых происходит общая ориентировка в пространстве интерьера (проходы, коридоры, гардеробные производственных зданий, санузлы, закрытые стоянки автомашин и т. п.).

6.2. Естественное освещение

Естественное освещение — освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. По своему спектральному составу оно является наиболее благоприятным. Естественное освещение может быть боковым — через световые проемы в наружных стенах (окна); верхним — через световые проемы в покрытии и фонари, а также через световые проемы в местах перепадов высот смежных зданий; комбинированное — сочетание верхнего и бокового освещения.

Естественное освещение характеризуется коэффициентом естественной освещенности КЕО (e). КЕО — отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба

(непосредственным или после отражений), к значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода,%.

При боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО ($e_{мин}$): при одностороннем — в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем — в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). При верхнем и комбинированном освещениях нормируется среднее значение КЕО:

$$e_{ср} = (e_1/2 + e_2 + e_3 + \cdots + e_N/2)/(N-1),$$

где N — количество точек определения (первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен или перегородок); e_1, e_2, e_3, e_N — значения КЕО при верхнем и комбинированном освещении в точках характерного разреза помещения.

Под условной рабочей поверхностью принимается условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Экспериментальное определение КЕО требует одновременного измерения освещенности внутри и снаружи помещения (для замеров необходимы два люксметра и два фотометриста). Замеры должны проводиться, когда небо затянуто облаками. Наружную горизонтальную освещенность необходимо измерять на открытом месте.

Для определения КЕО в помещении выбирается базовая точка, хорошо освещаемая естественным светом, фотоэлемент люксметра укладывают на горизонтальную подставку на высоте 0,8 м от пола. У этого люксметра остается один фотометрист, второй фотометрист располагается на открытом пространстве или на крыше здания и устанавливает горизонтально фотоэлемент люксметра. По сигналу третьего лица или по сверенным часам фотометристы измеряют горизонтальную освещенность снаружи и внутри помещения, таких измерений необходимо выполнить не менее 10. Фотометрист, измеряющий наружную освещенность, возвращается в помещение и совместно с первым фотометристом выполняет расчеты средних арифметических значений наружной и внутренней (в базовой точке) освещенности, а затем КЕО как частного от деления средней внутренней на среднюю наружную освещенности.

Для определения КЕО в другой точке помещения одновременно измеряется освещенность в базовой точке ($E_{г.\,б}$), для которой КЕО определен значением $e_б$, и в новой выбранной точке ($E_{г.\,х}$). КЕО для новой точки $e_х = e_б E_{г.\,х}/E_{г.\,б}$.

Нормированные значения КЕО для зданий, располагаемых в I, II, IV и V поясах светового климата СССР (табл. 18), определяются по формуле

$$e_н^{I,\,II,\,IV,\,V} = e_н^{III} mC,$$

где $e_н^{III}$ — значение КЕО для зданий, располагаемых в III поясе светового климата (табл. 19, 20); m — коэффициент светового климата, учитывающий особенности светового климата, т. е. совокупность условий естественного освещения в той или иной местности (освещенность и количество освещения на горизонтальной и различно ориентированных по сторонам света вертикальных поверхностях, создаваемых рассеянным светом неба и прямым светом солнца, продолжительность солнечного сияния и альбедо подстилающей поверхности) за период более 10 лет; C — коэффициент солнечности климата, учитывающий дополнительный световой поток, проникающий через световые проемы в помещение за счет прямого и отраженного от подстилающей поверхности солнечного света в течение года.

Полученное значение КЕО следует округлять до десятых долей.

При расчете естественного освещения по известной площади пола помещения из соотношения площади световых проемов и площади пола определяют требуемую общую площадь световых проемов. Затем по предварительно принятому стандартному проему определяется необходимое количество световых проемов, которые размещаются в наружных стенах или перекрытии здания в соответствии с архитектурным решением и строительной конструкцией (СНиП II-4—79, [1]).

18. Значения коэффициентов светового климата m и солнечности климата C (СНиП II-4—79)

Пояс светового климата	Коэффициент светового климата m	Коэффициент солнечности климата C при световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта (азимут, ...°)								Города СССР, относящиеся к данному поясу светового климата
		в наружных стенах зданий			в прямоугольных и трапециевидных фонарях			в фонарях типа «шед»	при зенитных фонарях	
		136—225	226—315, 46—135	316—45	69—113, 249—293	24—68, 204—248, 114—158, 294—338	159—203, 339—23	316—45		
I	1,2	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1	Бараниха, Воркута, Диксон, Мурманск, Нарьян-Мар, Петрозаводск
II	1,1	0,85	0,9	1	0,95	1	1	1	1	Анадырь, Архангельск, Верхоянск, Вильнюс, Вилюйск, Дудинка, Калининград, Ленинград, Магадан, Оймякон, Рига, Салехард, Сургут, Сыктывкар, Тура, Ханты-Мансийск
III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Бодайбо, Брест, Воронеж, Горький, Гродно, Иркутск, Красноярск, Курск, Минск, Москва, Новосибирск, Омск, Оренбург, Охотск, Свердловск, Томск, Якутск
IV севернее 50° северной широты	0,9	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95	1	0,9	Актюбинск, Киев, Комсомольск-на-Амуре, Кустанай, Кызыл, Павлодар, Петропавловск, Тындинский, Уральск, Целиноград, Чита
IV 50° северной широты и южнее	0,9	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85	Алма-Ата, Владивосток, Волгоград, Караганда, Кишинев, Хабаровск, Харьков, Элиста, Южно-Сахалинск
IV севернее 40° северной широты	0,9	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75	Баку, Батуми, Грозный, Ереван, Красноводск, Краснодар, Нукус, Ташкент, Симферополь, Тбилиси
V 40° северной широты и южнее	0,8	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65	Ашхабад, Душанбе

19. Нормы освещенности при искусственном освещении и КЕО (для III пояса светового климата СССР) при естественном и совмещенном освещении (СНиП II-4—79)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк		КЕО, $e_н$, %					
						Искусственное освещение		Естественное освещение			Совмещенное освещение		
						комбинированное	общее	верхнее или верхнее и боковое	боковое в зоне с устойчивым снежным покровом	боковое на остальной территории СССР	верхнее или верхнее и боковое	боковое в зоне с устойчивым снежным покровом	боковое на остальной территории СССР
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	1500	10	2,8	3,5	6	1,7	2
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000	1250						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500	750						
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	1500	400						
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	Малый	Темный	4000	1250	7	2	2,5	4,2	1,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000	750						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	500						

			г	Средний Большой «	Светлый » Средний	1000	300						
Высокой точности	Свыше 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000	500	5	1,6	2	3	1	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000	300						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	300						
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	400	200						
Средней точности	Свыше 0,5 до 1	IV	а	Малый	Темный	750	300	4	1,2	1,5	2,4	0,7	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200						
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	300	150						

Продолжение табл. 19

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк		КЕО, $e_н$, %					
						Искусственное освещение		Естественное освещение			Совмещенное освещение		
						комбинированное	общее	верхнее или верхнее и боковое	боковое в зоне с устойчивым снежным покровом	боковое на остальной территории СССР	верхнее или верхнее и боковое	боковое в зоне с устойчивым снежным покровом	боковое на остальной территории СССР
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	300	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	200	150						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	150						
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	—	100						
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	—	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	150	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	—	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		—	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6

Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное	—	VIII	а	То же	—	75	1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2
периодическое при постоянном пребывании людей в пемещении	—		б		—	50	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2
То же при периодическом пребывании людей в помещении	—		в		—	30	0,5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1

Примечания: 1. В таблице приведены нормированные значения КЕО для зданий, расположенных в III поясе светового климата СССР (табл. 18). 2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего; при увеличении этого расстояния разряд зрительной работы устанавливается с учетом углового размера объекта различения, определяемого отношением минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего (табл. 21).

20. Нормы освещенности и КЕО для вспомогательных зданий промышленных предприятий (СНиП II-4—79)

Помещения	Плоскость (Г — горизонтальная, В — вертикальная) нормирования освещенности и КЕО (высота плоскости над полом, м)	Искусственное освещение				Естественное освещение, КЕО, $e_н^{III}$, %		
		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	верхнее или комбинированное	при боковом освещении: в зоне с устойчивым снежным покровом	при боковом освещении: на остальной территории СССР
Кабинеты и рабочие комнаты	Г (0,8)	300	—	40	15	—	0,8	1
Проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	Г (0,8)	500	—	40	10	5	1,6	2
Машинописные и машиносчетные бюро	Г (0,8)	400	—	40	10	4	1,2	1,5
Книгохранилища и архивы	В (1,0)	75	—	60	—	—	—	—
Переплетно-брошюровочные	Г (0,8)	200	—	60	20	2	0,4	0,5
Помещения офсетной печати и светокопирования	Г (0,8)	200	—	60	20	—	—	—

Продолжение табл. 20

Помещения	Плоскость (Г — горизонтальная, В — вертикальная) нормирования освещенности и КЕО (высота плоскости над полом, м)	Искусственное освещение				Естественное освещение, КЕО, $e_{н}^{III}$, %		
		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	верхнее или комбинированное	при боковом освещении в зоне с устойчивым снежным покровом	при боковом освещении на остальной территории СССР
Макетные, столярные и ремонтные мастерские	Г (0,8)	300	—	40	15	4	1,2	1,5
Аналитические лаборатории	Г (0,8	400	—	40	10	—	1,2	1,5
Химические лаборатории, препараторские, весовые	Г (0,8)	300	—	40	15	—	1,2	1,5
Термостатные, термические, физические, спектрографические, стилометрические, фотометрические, микроскопные, механические, радиометрические и другие лаборатории	Г (0,8)	300	—	40	15	—	1,2	1,5
Актовые залы	Пол	200	75	90	—	—	—	—
Санитарно-бытовые помещения:								
умывальные, уборные, курительные	Пол	75	—	—	—	—	0,2	0,3
душевые, гардеробные, помещения для обогревания работающих		50	—	—	—	—	0,2	0,3
Здравпункты:								
кабинеты врачей, перевязочные	Г (0,8)	300	—	15	15	—	0,8	1
процедурные кабинеты, ингалятории	Г (0,8)	150	—	25	15	—	0,4	0,5
Вестибюли	Пол	75	—	—	—	—	—	—
Лестницы:								
главные лестничные клетки	Пол (площадки,	100	—	—	—	—	0,2	0,2
остальные лестничные клетки	ступени)	50	—	—	—	—	0,1	0,1
Коридоры, проходы и переходы:								
главные	Пол	75	—	—	—	—	0,1	0,1
остальные	»	50	—	—	—	—	0,1	0,1

21. Определение разряда работ при расстоянии от объекта различения до глаз работающего более 0,5 м (СНиП II-4—79)

Разряд зрительной работы	Пределы отношения минимального размера объекта различения (d) к расстоянию от этого объекта до глаз работающего (l), d/l	Разряд зрительной работы	Пределы отношения минимального размера объекта различения (d) к расстоянию от этого объекта до глаз работающего (l), d/l
I	Менее $0{,}3 \cdot 10^{-3}$	IV	Свыше $1 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$
II	От $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ до $0{,}6 \cdot 10^{-3}$	V	Свыше $2 \cdot 10^{-3}$ до $10 \cdot 10^{-3}$
III	Свыше $0{,}6 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	VI	Свыше $10 \cdot 10^{-3}$

6.3. Искусственное освещение

Системы искусственного освещения. Искусственное освещение бывает двух систем: общее и комбинированное. *Общее освещение* — это освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение). *Комбинированное освещение* — это освещение, при котором к общему освещению добавляется местное. *Местное освещение* — это дополнительное к общему освещение, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах (поверхностях). Применение одного местного освещения в производственных помещениях не допускается.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. *Рабочее освещение* — это освещение, предназначенное для выполнения технологического процесса или движения людей и транспорта в темное время суток. Его следует предусматривать для всех помещений зданий, а также для участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. *Аварийное освещение* — это освещение, применяемое при отключении рабочего освещения и позволяющее продолжать работы. *Эвакуационное освещение* (аварийное освещение для эвакуации) — это освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. *Охранное (дежурное) освещение* — это освещение в нерабочее время.

Источники освещения. Для искусственного освещения помещений следует применять газоразрядные лампы (люминесцентные, типа ДРЛ, ДРИ, ДКсТ и ДНаТ). Если их применять невозможно или экономически нецелесообразно, допускается применение ламп накаливания. Источники света следует выбирать по табл. 22.

Наиболее благоприятными с гигиенической точки зрения и экономичными являются газоразрядные *люминесцентные лампы* низкого давления. Серийно выпускаются несколько типов ламп, различающихся спектральным составом света. Лампы дневного света (ЛД) и дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ) имеют голубоватый цвет свечения, по спектру наиболее приближающийся к дневному свету. Спектр других типов ламп существенно отличается от спектра дневного света: лампы белого света (ЛБ) имеют слегка желтоватый оттенок, тепло-белого света (ЛТБ) — розоватый, а лампы холодно-белого света (ЛХБ) занимают промежуточное положение между лампами ЛБ и ЛД. Лампы ЛХБ с улучшенной цветопередачей имеют обозначение ЛЕ. Некоторые технические характеристики люминесцентных ламп приведены в табл. 23. С 1985 г. выпускаются новые энергоэкономичные люминесцентные лампы мощностью 18, 36 и 58 Вт (табл. 23).

Для освещения открытых пространств и высоких производственных цехов применяются газоразрядные лампы высокого давления: ртутные дуговые с исправленной цветностью ДРЛ, металлогалогенные ДРИ, дуговые ксеноновые ДКсТ и натриевые ДНаТ (табл. 24).

Лампы типа ДРЛ обладают высокой световой отдачей (до 60 лм/Вт) и сроком службы (до 15000 ч), но в спектре их излучения преобладают сине-зеленые тона, что ограничивает их применение, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности; выпускаются такие

22. Рекомендуемые типы искусственных источников света в зависимости от зрительной работы (СНиП II-4—79)

Характеристика зрительной работы	Освещенность при системе общего освещения, лк	Рекомендуемые типы источников света для зданий	
		производственных	общественных
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, шерстяных тканей и тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, изготовление и подбор красок и т. п.), а также кабинеты врачей	300 и более	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ)*	ЛХЕ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (раскрой верха обуви, контроль сырья на консервных заводах, ткацкие фабрики, раскрой и пошив на швейных фабриках, окраска машин, выставочные залы и т. п.)	300 и более	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ, ЛЕ)	ЛЕ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ (ЛХЕ)
Различение цветных объектов без контроля и сопоставления (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов, переплетные цехи, столовые и т. п.)	300 и более	ЛБ, ДРИ (ЛХБ)	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	От 150 до 300	ЛБ, (ЛХБ)	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	Менее 150	ЛБ, (ЛН, КГ)	ЛБ, (ЛН)
Работа с ахроматическими объектами (механическая обработка металлов, пластмасс и сборка машин и инструментов, здания управления и т. п.)	500 и более	ЛБ, (ЛХБ), ДРИ	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛЕ)
	От 300 до 500	ЛБ, (ЛХБ), ДРИ, ДРЛ	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛЕ)
	От 150 до 300	ЛБ, (ЛХБ), ДРЛ	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	Менее 150	ЛБ, (ЛТБ, ЛН, КГ) ДНаТ	ЛБ, (ЛТБЦ, ЛН)
Общее восприятие интерьера (фойе, вестибюли, залы театров и кинотеатров)	150 и более	—	ЛБ, (ЛЕ, ЛТБЦ, ЛН)

* В скобках указаны менее эффективные источники света.

23. Некоторые технические характеристики люминесцентных ртутных ламп низкого давления (ГОСТ 6825—74) [1; 3]

Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток ламп, лм						Размеры, ламп, мм	
	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛТБ	ЛБ	ЛЕЦ	Диаметр	Длина по штырькам
15	500	590	675	700	760	—	27	451,6
18	850	—	—	—	1250	850	26	604,0
20	820	920	935	975	1060	—	40	604,0
30	1450	1640	1720	1720	2100	—	27	908,8
36	2200	—	—	3000	3050	2150	26	1213,6
40	2100	2340	3000	3000	3120	—	40	1213,6
58	—	—	—	4440	4800	3330	26	1514,2
65	3050	3570	3820	3980	4650	—	40	1514,2
80	3740	4070	4440	4440	5220	—	40	1514,2

24. Световой поток газоразрядных ламп высокого давления, лм [1; 3; 5]

Мощность, Вт	ДРЛ	ДРИ	ДНаТ	Мощность, Вт	ДРЛ	ДРИ	ДНаТ
70	—	—	5800	250	11000	18700	—
80	3200	—	—	400	19000	32000	36000
100	—	—	9500	700	35000	59500	—
125	5600	8300	—	1000	50000	90000	—
150	—	—	14500	2000	—	190000	—
175	—	12000	—				

лампы с отражающим слоем — типа ДРЛР. *Лампы типа ДРИ* (усовершенствованные ДРЛ — путем добавки иодидов металлов) имеют более высокую световую отдачу (до 90 лм/Вт), лучший спектральный состав, но меньший срок службы (до 10000 ч). *Дуговые ксеноновые трубчатые лампы* с воздушным охлаждением типа ДКсТ имеют среднюю световую отдачу (до 45 лм/Вт) и сравнительно малый срок службы (до 3000 ч). Их излучение наиболее близко к дневному свету, но в его спектре имеется избыток ультрафиолетовых излучений, что ограничивает область их применения. Этот недостаток устранен в лампах типа ДКсТЛ в колбах из легированного кварца. *Натриевые лампы типа ДНаТ* имеют рекордную световую отдачу (до 140 лм/Вт) и большой срок службы (до 20000 ч), но в их спектре преобладают желтые лучи и их применяют для освещения открытых пространств.

Лампы накаливания (ЛН) изготовляются различной мощности (15—1500 Вт) и на различные напряжения (12, 24, 36, 42, 127, 220 и до 245 В), а также различных типов с улучшенными характеристиками излучения (биспиральные, газонаполненные, в колбах со светорассеивающими покрытиями). ЛН имеют спектр излучения с преобладанием желто-красных лучей, что не обеспечивает правильной цветопередачи. Световая отдача и срок службы ЛН очень малы (до 19,5 лм/Вт и до 1000 ч). В условных обозначениях типов ЛН общего назначения буквы и цифры означают: В — вакуумная, Г — газонаполненная, Б — биспиральная, БК — биспиральная криптоновая. Следующие за этими буквами цифры обозначают номинальное напряжение (В) и номинальную мощность (Вт). Обозначение ЛН для местного освещения аналогичное, при этом буквы обозначают следующее: МО — обычного исполнения, МОД — лампа-светильник с отражающим диффузным слоем, МОЗ — то же с зеркальным слоем. Световые потоки ЛН приведены в табл. 25, 26.

25. Световой поток ламп накаливания общего назначения [1; 5]

Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток при номинальном напряжении (В), лм				Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток при номинальном напряжении (В), лм			
		127	127—135	220	220—235			127	127—135	220	220—235
15	В	135	110	105	85	150	Б	—	2000	2100	1840
25	В	260	195	220	190	200	Г	3200	2780	2800	—
40	Б	490	370	400	300	200	Б	—	—	2920	2540
40	БК	520	—	460	—	300	Г	4950	—	4600	4000
60	Б	820	650	715	550	500	Г	9160	—	8300	7200
60	БК	875	—	790	—	750	Г	—	—	13100	—
100	Б	1560	1250	1350	1090	1000	Г	19500	—	18600	—
100	БК	1630	—	1450	—	1500	Г	29600	—	29000	—
150	Г	2300	—	2000	—						

Примечание. Световые потоки ламп с номинальной мощностью до 150 Вт в колбах МТ и ОП меньше на 3 %, а МЛ — на 20 % против табличных.

26. Световой поток ламп накаливания для местного освещения [1; 5]

Тип лампы	Световой поток, лм	Тип лампы	Световой поток, лм	Тип лампы	Световой поток, лм
МО 12-15	200	МОД 12-25	270	МОЗ 12-40	400
МО 12-25	380	МОД 12-40	480	МОЗ 12-60	660
МО 12-40	620	МОД 12-60	810	МОЗ 36-40	350
МО 12-60	850	МОД 36-25	240	МОЗ 36-60	650
МО 36-25	300	МОД 36-40	400	МОЗ 36-100	1200
МО 36-40	600	МОД 36-60	720		
МО 36-60	800	МОД 36-100	1380		
МО 36-100	1550				

Светильники. Характеристиками светильников являются светотехнические параметры, степень защиты от пыли, воды и взрыва, они также классифицируются по способу установки и по электроизоляции.

Светотехническими характеристиками светильников являются их кривые силы света, соотношение потоков, излучаемых в нижнюю и верхнюю полусферы, КПД и защитный угол.

Установлены 7 типовых кривых силы света (рис. 9): концентрированная *К*, глубокая *Г*, косинусная *Д*, равномерная *М*, полуширокая *Л*, широкая *Ш* и синусная *С*. В зависимости от того, какую долю всего светового потока составляет поток нижней полусферы, светильники разделены на 5 классов: прямого света (П), если эта доля более 80 %; преимущественно прямого света (Н) — 60—80 %; рассеянного света (Р) — 40—60 %; преимущественно отраженного света (В) — 20—40 % и отраженного света (О) — менее 20 %.

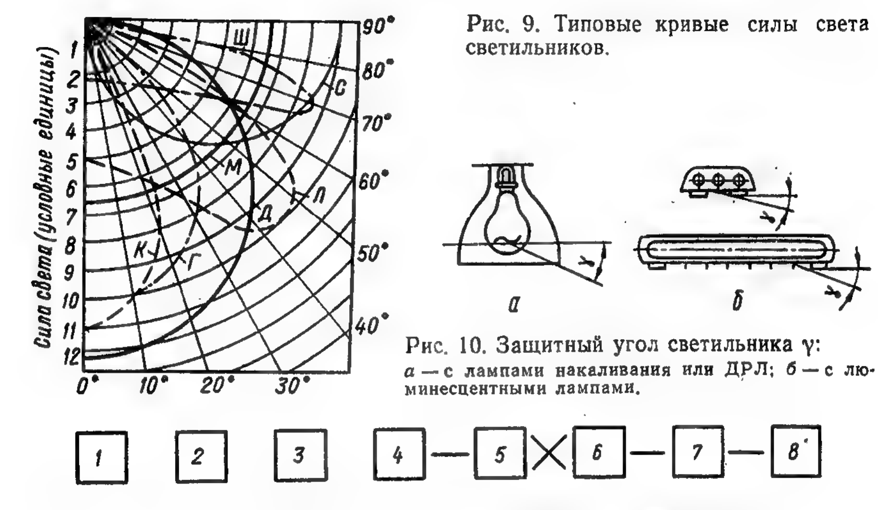


Рис. 9. Типовые кривые силы света светильников.

Рис. 10. Защитный угол светильника γ:
а — с лампами накаливания или ДРЛ; *б* — с люминесцентными лампами.

Рис. 11. Структура шифра (условного обозначения) светильников.

Защитный угол светильника определяется как угол между горизонталью и линией, касательной к светящему телу лампы и краю отражателя или непрозрачного экрана (рис. 10).

Каждому светильнику, за исключением светильников специального назначения и для установки на транспорте, присваивается шифр (условное обозначение). Структура шифра (рис. 11) следующая:

1 — буква, обозначающая тип источника света: Н — лампы накаливания общего применения, Р — ртутные лампы типа ДРЛ, Л — прямые трубчатые люминесцентные лампы, И — кварцевые галогенные лампы накаливания, Г — ртутные лампы типа ДРИ, Ж — натриевые лампы, К — ксеноновые лампы;

2 — буква, обозначающая способ установки светильника: С — подвесные светильники, П — потолочные, Б — настенные, В — встраиваемые;

3 — буква, обозначающая назначение светильника: П — для промышленных предприятий, О — для общественных зданий, У — для наружного освещения, Р — для рудников и шахт, Б — для бытовых помещений;

4 — двузначное число (01—99), обозначающее номер серии;

5 — число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых светильников число 1 не указывается и знак «×» не ставится, а мощность указывается непосредственно после тире);

6 — число, обозначающее мощность ламп, Вт;

7 — трехзначное число (001—099), обозначающее номер модификации;

8 — обозначение климатического исполнения (У — для районов с уме-

ренным климатом, Т — с тропическим климатом) и места размещения светильников при эксплуатации (1 — на открытом воздухе, 2 — под навесами и другими полуоткрытыми сооружениями, 3 — в закрытых неотапливаемых помещениях, 4 — в закрытых отапливаемых помещениях, 5 — в сырых помещениях).

Степень защиты светильников от воздействия окружающей среды обозначается двумя латинскими буквами — *IP* и двумя цифрами: первая обозначает степень защиты от пыли, вторая — от воды. В обозначениях светильников с дополнительными конструктивными особенностями буквы *IP* могут отсутствовать. В этом случае первая цифра дается со штрихом. По степени защиты от пыли светильники делят на открытые (2), перекрытые неуплотненной светопропускающей оболочкой (2′), пылезащищенные (5), с ограниченной зоной пылезащиты (5′), пыленепроницаемые (6), с ограниченной зоной пыленепроницаемости (6′); по степени защиты от воды — на незащищенные (0), каплезащищенные (2), дождезащищенные (3), брызгозащищенные (4), струезащищенные (5), водонепроницаемые (7) и герметичные (8). В зависимости от условий окружающей среды степень защиты светильников следует выбирать по табл. 27.

27. Выбор светильников в зависимости от условий окружающей среды [3]

Степень защиты	Тип источника света	Характеристика помещений по условиям среды					
		Нормальные	Влажные	Сырые	Особо сырые	С химически активной средой[1]	Жаркие
IP 20	ЛЛ	+	×	—	—	—	+
	ЛН, РЛВД	+	×	×[2]	—	—	+
IP 23	ЛЛ, ЛН, РЛВД	(—)	+	×[3]	×[3]	×[3,6]	×
2′0	ЛЛ	+	×	(—)	—	—	×
	ЛН, РЛВД	+	×	(—)	—	—	×
5′0	ЛН, РЛВД	(—)	(—)	×[2]	—	×	+
5′3	ЛН, РЛВД	(—)	(—)	×[3]	×[3]	×[3]	×
5′4	ЛЛ	(—)	(—)	+	+	+	×
IP 53	ЛН, РЛВД	(—)	(—)	+[3]	+[3]	+[3]	×
IP 51	ЛН	(—)	(—)	+[5]	+[6]	+[5]	×
IP 54	ЛЛ	(—)	(—)	+	+	+	×
	ЛН	(—)	(—)	+	+	+[4]	×
	РЛВД	(—)	(—)	+	+	+	×

Примечание. В таблице буквами обозначены лампы: ЛЛ — люминесцентная, ЛН — накаливания, РЛВД — разрядная высокого давления;

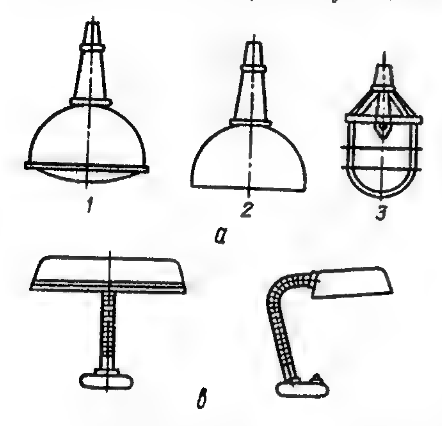
символами: «+» — светильники рекомендуются, «×» — допускаются, «—» — запрещаются, «(—)» — применение светильников возможно, но нецелесообразно;

цифрами: [1] — предпочтительны светильники с корпусами и отражателями из влагостойкой пластмассы, фарфора, покрытые силикатной эмалью, рекомендуются светильники, специально предназначенные для химически активной среды; [2] — допускаются при отсутствии капель воды, падающих на светильник, и при наличии фарфорового патрона; [3] — при наличии брызг воды, падающих на светильник под углом более 60° к вертикали, установка светильников со степенями защиты *IP* 23 и 5′3 с ЛН и РЛВД запрещается; [4] — светильники, которые могут сверху заливаться водой или растворами, должны иметь боковой ввод проводов; [5] — при наличии брызг воды, падающих на светильник под углом более 15° к вертикали, применение светильников с нетермостойкими стеклами допускается при условии установки в них ламп меньшей мощности, чем номинальная для данного светильника; [6] — допускаются при условии выполнения деталей светильников, контактов патронов и цоколей ламп из материала, не подверженного воздействию данной химически активной среды.

Для взрывозащищенных светильников, применяемых во взрывоопасных зонах, в маркировке дополнительно указывается уровень и вид взрывозащиты. Промышленные светильники по уровню взрывозащиты делятся на взрывобезопасные (1Ex), повышенной надежности против взрыва (2Ex) и особовзрывобезопасные (0Ex).

В пожароопасных зонах применяют светильники в различном исполнении в зависимости от степени пожароопасности: классов П-I и П-II — пылезащищенные светильники (полностью — для светильников с лампами накаливания и частично — с люминесцентными лампами); класса П-IIa — пылезащищенные люминесцентные светильники при условии, что ввод в светильник выполнен проводами с негорючей оболочкой или в стальной трубе, а также исключена возможность выпадения ламп и стартеров; в складских помещениях необходимо применять светильники с отражателями и рассеивателями из негорючих материалов.

Некоторые виды светильников показаны на рис. 12, конструктивно-светотехнические схемы, эксплуатационные группы и характеристики некото-



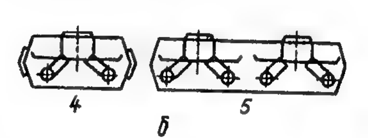


Рис. 12. Некоторые виды светильников:

а — для ламп ДРЛ и накаливания (*1* — «Астра-32», *2* — «Астра-12», *3* — ППР-500); *б* — для люминесцентных (*4* — двухламповый, *5* — четырехламповый); *в* — светильник местного освещения.

рых светильников приведены в табл. 28—31. Характеристики других видов светильников приведены в работах [2; 4; 5; 6].

Разработан и применяется способ освещения промышленных и общественных зданий с помощью осветительных устройств большой протяженности — щелевых световодов, представляющих собой полые цилиндрические трубы, внутренняя поверхность которых, за исключением светопропускающей щели, покрыта зеркальным отражающим слоем. Через щель световой поток равномерно освещает окружающее пространство. Источником света служит мощная газоразрядная лампа или ЛН, помещаемая в одном или обоих концах световода.

Использование щелевых световодов позволяет резко сократить количество источников света при хорошем качестве освещения.

Нормирование искусственного освещения. При искусственном освещении согласно СНиП II-4—79 нормируется абсолютное значение освещенности в зависимости от характера зрительной работы (линейного размера объекта различения), яркости фона, контраста объекта и фона, типа источника света и системы освещения (см. табл. 19, 20).

Нормированные значения освещенности, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 700; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000 лк.

При использовании ламп накаливания освещенность следует снижать по следующей шкале: на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и больше; на одну ступень при системе общего освещения для разрядов работы I—V и VII, при этом освещенность от ламп накаливания не должна превышать 300 лк; на две ступени при системе общего освещения для VI и VIII разрядов работ.

28. Конструктивно-светотехнические схемы светильников (СНиП II-4 — 79)

Схема светильников		I	II	III	IV	V	VI	VII
С лампами накаливания ГЛВД	А							
С люминесцентными лампами	Б							—
	В					—	—	—
	Г			—		—	—	

29. Эксплуатационные группы светильников (СНиП II-4 — 79)

Конструктивно-светотехнические схемы (табл. 28)	Вид материала (покрытия) отражателей и рассеивателей	Эксплуатационная группа	Примеры светильников, соответствующих ГОСТ 13828—74, ГОСТ 22758-77Б и ТУ 16: с лампами накаливания и газоразрядными лампами высокого давления	Примеры светильников, соответствующих ГОСТ 13828—74, ГОСТ 22758-77Б и ТУ 16: с люминесцентными лампами
I	Т	4	УПМ; УПС; НСП 01	—
	СТ	3	Гс; ГсУ; ГсР; СЗ, РСП 05 (Г, К); ЖСП 01; РСП 14	ОВЛ; ЛВП 02 (04)
	М	2	ОД; РСП 05 (Д)	ОД; ОДР; ЛД; ЛДР; ПВЛМ-Д; ЛСП 02 (04; 10)
II	Т	5	УПД	—
	СТ	4	СО; НСП 07; РСП 08; РСП 10; РСП 13	ЛСО 02; Л 2010; УСП
	М	3	—	ОДО; ОДОР; ЛДО; ЛДОР; ЛСП 02 (01; 07), ПВЛМ — ДО; ПВЛМ—Р; ПВЛМ — ДОР; ШОД
III	Т	2	Уз; У15; НСП 01 (32)	—
	СТ	2	—	ЛПО 01; ЛПО 02; ЛПО 03; ЛПО 21; ЛСО 03
	М	1	—	МЛ; ЛНП 01
IV	Т	7	УП 24; ППД2: РСП 10, ГСП 10 (*IP* 53); РСП 12; ЖСП 01 (*IP* 53); НПП 01; НПП 20	ЛСП 04; ЛСП 09
	СТ	7	—	ПВЛ; ПВЛП; ВЛВ; ВЛН; УВЛ; ЛВП 02 (01; 03); ЛВП 31; ЛВП 33

Конструктивно-светотехнические схемы (табл. 28)	Вид материала (покрытия) отражателей и рассеивателей	Эксплуатационная группа	Примеры светильников, соответствующих ГОСТ 13828—74, ГОСТ 22758—77Б и ТУ16: с лампами накаливания и газоразрядными лампами высокого давления	с люминесцентными лампами
V	Т	5	Н4БН (Д); Н4Т2Н (Д); ППД; В4А (Д); В3Г (Д); В3Т3 (Д); РСП11 (Д); НСП02 (Д)	—
	М	4	—	НОГЛ (Д); НОДЛ (Д)
VI	Т	6	ППР; ППД500; Н4БН; Н4Т2Н; В4А; В3Г; В3Т3; РСП11; НСП02	—
	СТ	6	—	НОГЛ; НОДЛ; РВЛМ
VII	Т	6	ССП02; ДРИ3	ПВЛМ

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения материала или покрытия: Т — твердые (сталь, покрытая силикатной эмалью, силикатное стекло — для светорассеивающих, силикатное стекло с зеркализованнной или призматической поверхностью — для зеркально-отражающих); СТ — средней твердости (альзак-алюминий и полиметилметакрилат, полистирол, поликарбонат — для светорассеивающих, альзак-алюминий химически объярченный — для зеркально-отражающих); М — мягкие (покрытие белой светотехнической эмалью МЛ, АС-72 и т. п. — для светорассеивающих, сталь и алюминий, алюминированные в вакууме, защищенные органическими лаками — для зеркально-отражающих).

30. Характеристики некоторых светильников с люминесцентными лампами для производственных помещений [5]

Серия, тип	Число, шт. и мощность ламп, Вт	Модификация	Габаритные размеры, мм: Длина	Ширина	Высота	Масса, кг	Исполнение по пылезащите
	1×40 1×80	Без отражателей и решетки ПВЛМ		90 148	160	7,9 10,4	
	2×40 2×80					8,3 12,6	
ПВЛМ		Без отражателя, с решеткой ПВЛМ-Р		190	175	9,3 (13,6)*	

Серия, тип	Число, шт. и мощность ламп, Вт	Модификация	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Исполнение по пылезащите
			Длина	Ширина	Высота		
ПВЛМ	2×40 2×80	С отражателем без отверстий, без решетки ПВЛМ-Д	1325 (1625)*	270	215	10,3 (14,4)	Частично пыленепроницаемое
		С отражателем без отверстий, с решеткой ПВЛМ-ДР				10,8 (15,1)	
		С отражателем с отверстиями, без решетки ПВЛМ-ДО				10,3 (14,4)	
		С отражателем с отверстиями, с решеткой ПВЛМ-ДОР				10,8 (15,1)	
ЛД	2×40 2×80	Без отверстий в отражателе, без решетки ЛД	1240 (1540)	270	210	10 (15,8)	—
		Без отверстий в отражателе, с решеткой ЛДР				11 (17)	
		С отверстиями в отражателе, без решетки ЛДО				10 (15,8)	
		С отверстиями в отражателе, с решеткой ЛДОР				11 (17)	
ЛСП06	2×80	Без отверстий в отражателе, без решетки 05	1538	270	175	⩽ 9,5	Незащищенное
		Без отверстий в отражателе, с решеткой 07					
		С отверстиями в отражателе, без решетки 13					
		С отверстиями в отражателе, с решеткой 15					
ПВЛП	2×40	—	1350	280	180	10	Полностью пылезащищенное

* Габариты и масса в скобках указаны для светильников с лампами мощностью 80 Вт.

31. Характеристики некоторых светильников с газоразрядными лампами высокого давления для производственных помещений [5]

Обозначение или наименование светильника		Масса, кг	Габаритные размеры ($D \times H$), мм
фирменное	по шифру		
«Астра-3»	РСП01×125/Д03-07	7	310×340
«Астра-22»	РСП01×125/Б00-06	7	280×420
УПДДРЛ-250	—	13	372×500
УПДДРЛ-400	—	15,7	446×555
УПДДРЛ-700	—	18,2	446×590
ГсРМ-250	РСП05×250/Г03	11	395×552
ГсРМ-400	РСП05×400/Г03	12,6	490×607
ГсРМ-700	РСП05×700/Г03	16	537×635
ГсРМ-1000	РСП05×1000/Г03	19,6	610×677
СД2РТС-400М	—	12,5	492×615
СД2РТС-700М	—	15,6	522×660
СД2РТС-1000М	—	19,6	614×685
—	РСП07×125/Л00-01 (02)	6	298×470
—	РСП07×250/Л00-01 (02)	10,6	348×545
—	РСП07×400/Л00-01 (02)	12,9	435×630
—	РСП07×125/Л5′0-01 (02)	6	298×470
—	РСП07×250/Л5′0-01 (02)	10,6	348×545
—	РСП07×400/Л5′0-01 (02)	12,9	435×630
С35ДРЛ-250	—	10,9	412×440
С35ДРЛ-400	—	13	584×518
С35ДРЛ-700	—	15,6	656×586
С35ДРЛ-1000	—	18,6	656×620

Нормы освещенности (см. табл. 19) следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях: при работах I—IV разрядов, если напряженная зрительная работа выполняется в течение всего рабочего дня; при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее; при специальных повышенных санитарных требованиях, если освещенность от системы общего освещения составляет 500 лк и менее; при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения составляет 300 лк и менее; в случае отсутствия в помещении естественного света при постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения составляет 1000 лк и менее.

В помещениях, где выполняются работы V и VI разрядов, нормы освещенности следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

При выполнении в помещениях работ I—IV разрядов следует применять системы *комбинированного* освещения. Освещенность системы комбинированного освещения является суммой освещенностей от общего и местного освещения. Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения, при этом наибольшая и наименьшая освещенности должны составлять соответственно 500 и 150 лк при газоразрядных лампах и 100 и 50 лк при лампах накаливания.

Кроме абсолютного значения освещенности нормируются качественные характеристики освещения: показатель ослепленности (табл. 32) и коэффициент пульсации освещенности (табл. 33).

Аварийное освещение следует предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное нарушение технологического процесса, нарушение работы важных промышленных объектов (электростанции, узлы радиопередачи и связи, диспетчерские пункты, установки водоснабжения, канализации, теплофикации,

вентиляции и кондиционирования воздуха). Наименьшая освещенность рабочих поверхностей производственных помещений и территорий предприятий, требующих обслуживания при аварийном режиме, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах ведения работ вне зданий следует предусматривать в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 чел.; по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 чел.; в производственных помещениях с постоянно работающими людьми, где выход из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования; в помещениях вспомогательных зданий, если в помещении могут одновременно находиться более 100 чел. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов, на земле и на ступенях лестниц 0,5 лк в помещении и 0,2 лк на открытых территориях.

Для аварийного и эвакуационного освещения следует применять лампы накаливания или люминесцентные лампы (только в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее + 5 °С при условии питания ламп во всех режимах переменным током напряжением не ниже 90 % номинального).

Выбор типа и размещение светильников. *В помещениях с нормируемой горизонтальной освещенностью* основными моментами при выборе типов светильников и их размещении являются точность выполняемой зрительной работы, ее продолжительность, угол охвата рабочей поверхности, затенение рабочего места технологическим оборудованием и самим работающим, а также равномерность освещенности.

32. Допустимый показатель ослепленности в производственных и вспомогательных помещениях (СНиП II-4—79)

Разряд зрительной работы	Постоянное пребывание людей в помещении	Периодическое пребывание людей в помещении
I, II	20	—
III, IV, V, VII	40	60
VI, VIIIa	60	80

Примечание. Показатель ослепленности для установок общего освещения не ограничивается для помещений, длина которых не превышает двойной высоты установки светильника над полом, для помещений, высота которых не превышает 2,5 м при выполнении в них работ VI и VIIIa разрядов или при временном пребывании в них людей независимо от характера выполняемых работ.

33. Допустимый коэффициент пульсации освещенности для производственных помещений, % (СНиП II-4—79)

Освещение	Разряд зрительной работы		
	I и II	III	IV—VIIIa
Общее	10	15	20
Комбинированное:			
общее	20	20	20
местное	10	15	20

Примечание. Допускается повышение значения коэффициента пульсации освещенности до 30 % в помещениях, где выполняются работы VI и VIIIa разрядов при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта.

При грубых зрительных работах и работах средней точности целесообразно применение общего равномерного освещения. При освещении таких помещений следует стремиться к обеспечению равномерного освещения всей площади, а при фиксированной ориентации линии зрения — равномерного освещения только рабочих мест. Поэтому при размещении светильников необходимо учитывать оптимальное относительное расстояние между светильниками (отношение расстояния между светильниками или их рядами к высоте установки светильника над расчетной поверхностью):

Типовая кривая силы света (см. рис. 9)	*Относительное расстояние (рекомендуемое максимально допустимое)*
К	0,4—0,7/0,9
Г	0,8—1,2/1,4
Д	1,2—1,6/2,1
М	1,8—2,6/3,4
Л	1,4—2,0/2,3

В этом случае расстояния от стен до крайних светильников не должны превышать 30—50 % расстояния между светильниками.

При продолжительных работах средней точности следует применять систему общего локализованного освещения со светильниками, установленными над рабочими местами. Для равномерного освещения рабочей поверхности целесообразно выбирать светильники косинусного светораспределения.

Расположение светильников общего локализованного освещения выбирается так, чтобы обеспечить равномерное освещение и наименьшее затенение рабочего места. При большом и среднем углах охвата рабочего места светильники целесообразно располагать над рабочими поверхностями и вдоль рабочих поверхностей, а при незначительном — слева от рабочего места. При расположении рабочих мест вдоль стен для устранения затенения работающими своего рабочего места необходимо применять светильники с широким светораспределением и расположенные непосредственно над рабочим местом, а также окрашивать стены в светлые тона, что приводит к увеличению отраженной составляющей светового потока.

В тех помещениях, где нормируется горизонтальное освещение, но по условиям зрительной работы большое значение имеет и освещенность вертикальной плоскости, необходимо применять светильники с полушироким, широким или равномерным светораспределением (например, ЛП010, ЛП018 и др.). При освещении таких помещений светильниками с косинусным светораспределением эти светильники следует отодвигать от вертикальной рабочей поверхности на расстояние

$$L = (H - h)\operatorname{tg}\alpha,$$

где H — высота установки светильника над полом, м; h — высота расчетной точки, м; α — угол между вертикалью и направлением силы света в расчетную точку, при котором создается наибольшая вертикальная освещенность ($\alpha = 35°$).

34. Выбор светораспределения светильников для освещения вертикальных поверхностей [3]

Угол $\alpha_1, \ldots °$	Угол $\alpha_2, \ldots °$	Рекомендуемое светораспределение (рис. 9)	Эскиз к определению углов α_1 и α_2
Более 45	Любой	Д-2 $U_\alpha = U_0 \cos\alpha$	
35—45	0—45	К-1 $U_\alpha = U_0 \cos^2\alpha$	
Менее 35	0—35	К-3 $U_\alpha = U_0 \cos^3\alpha$	

Примечания: 1. В таблице U_0 — сила света в направлении нормали к поверхности; U_α — то же под углом α к нормали [5].

2. Значения углов α_1 и α_2 определяются по формулам:

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}(l/(H - h)), \quad \alpha_2 = \operatorname{arctg}(l/(H - h_р)),$$

где H — высота помещения, м; h — высота технологического оборудования, м; $h_р$ — расчетная высота, м; l — половина расстояния между технологическим оборудованием, м.

В помещениях с нормируемой вертикальной освещенностью основными моментами при выборе типов светильников и их размещении являются размеры освещаемой рабочей поверхности и степень насыщенности помещения оборудованием. Для помещений с высоким технологическим оборудованием и узкими проходами необходимо применять общее локализованное освещение со светильниками с концентрированным светораспределением, устанавливаемыми вдоль проходов. Светораспределение светильников для освещения вертикальных поверхностей целесообразно выбирать, исходя из табл. 34. В просторных помещениях экономичней использовать светильники широкого и полуширокого светораспределения, располагаемые от вертикальной поверхности не ближе расстояния

$$L = (H - h_{р}) \operatorname{tg} \alpha_{макс},$$

где H — высота установки светильника, м; $h_{р}$ — расчетная высота, м; $\alpha_{макс}$ — угол, соответствующий максимальному значению силы света светильника.

При выборе расстояния L следует учитывать, что чем дальше расположен светильник, тем равномернее освещение вертикальной плоскости, однако при этом снижается величина освещенности.

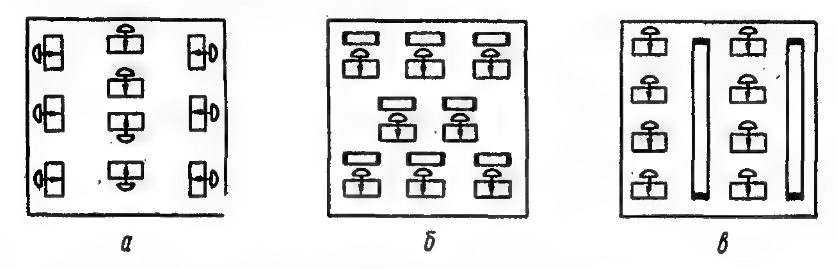


Рис. 13. Схемы расположения рабочих мест и светильников в помещениях, где выполняются работы с блестящими предметами.

В помещениях, где требуется обеспечить правильное тенеобразование, рекомендуется общее равномерное освещение светильниками с широким, полушироким или равномерным светораспределением. При этом следует стремиться, чтобы отношение горизонтальной освещенности к цилиндрической было в пределах 1,6...3,0, так как при меньшем соотношении происходит размытие теней, а при большем — они становятся резкими.

В помещениях, где выполняются работы с блестящими предметами и возможно возникновение отраженной блескости, необходимо принимать меры по ее ограничению. Если яркость объектов различения меньше яркости фона, необходимо, чтобы светящая поверхность светильника зеркально отражалась от рабочей поверхности в направлении линии зрения работающего, а во всех остальных случаях зеркальное отражение светящей поверхности светильника от рабочей поверхности не должно совпадать с линией зрения работающего.

В таких помещениях рекомендуются следующие схемы освещения (рис. 13). При любом направлении линии зрения работающих следует применять общее освещение отраженным светом (рис. 13, *а*). При направлении линии зрения работающих в одну сторону и произвольном расположении рабочих мест следует применять общее локализованное освещение с установкой люминесцентных светильников на потолке за рабочими местами и наклонно либо применять светильники с несимметричным светораспределением (рис. 13,*б*). Если линия зрения работающих направлена в одну сторону и рабочие места расположены рядами, то люминесцентные светильники следует размещать в линию, параллельно рабочим местам и над проходами (рис. 13, *в*), в этом случае не следует применять к установке светильники прямого света. При комбинированном освещении светильник местного освещения должен быть установлен так, чтобы зеркальное отражение его светящей поверхности не попадало в поле зрения работающего.

В помещениях, где выполняются работы с плоскими блестящими предметами, необходимо предусматривать светильники, световой поток которых ограничен в зоне от 0 до 30° к вертикали с отношением светового потока их в этой зоне к световому потоку в нижнюю полусферу не более 35 % [3].

Расположение светильников общего освещения в помещении характеризуется следующими размерами: H — высотой помещения; расстоянием от светильников до перекрытия «свес» — $h_с$; высотой расположения светильника над полом $h_п = H - h_с$; высотой рабочей (расчетной) поверхности над полом $h_р$; расчетной высотой $h = h_п - h_р$; расстоянием между смежными светильниками или рядами светильников L; расстоянием от стены до крайних светильников или рядов светильников l.

Основное требование при выборе высоты расположения светильников — доступность для обслуживания. Обычно расчетная высота определяется размерами помещения. Расстояние между смежными светильниками или рядами светильников определяется исходя из величины $\lambda = L : h$, приведенной ниже [5]:

Типовая кривая силы света	$\lambda_с$	$\lambda_э$
Концентрированная	0,6	0,6
Глубокая	0,9	1,0
Косинусная	1,4	1,6
Равномерная	2,0	2,6
Полуширокая	1,6	1,8

Значениями $\lambda_с$ пользуются в тех случаях, когда увеличение λ не приводит к необходимости применения ламп с увеличенной световой отдачей (при люминесцентных лампах), а значениями $\lambda_э$ — в остальных случаях.

Расстояние от крайних светильников до стены $l = (0,3...0,5)L$ в зависимости от расстояния рабочих мест до стен или принимается равным нулю при выполнении работ непосредственно у стен.

Освещение рассчитывается по одному из двух методов: методу коэффициента использования светового потока или точечному методу [1; 5]. Метод коэффициента использования предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. По точечному методу рассчитывается общее локализованное освещение, общее равномерное освещение при наличии существенных затенений и местное освещение. Для расчета применяются также упрощенные формы метода коэффициента использования: таблицы удельной мощности и графики по Гурову и Прохорову [5].

Расчеты остальных нормируемых светотехнических параметров освещения (показатель дискомфорта, цилиндрическая освещенность и коэффициент пульсации освещенности) рассмотрены в работах [5; 6].

6.4. Совмещенное освещение

Совмещенное освещение — это освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. Совмещенное освещение допускается в следующих случаях: для производственных помещений, в которых выполняются работы I и II разрядов (см. табл. 19); для производственных и других помещений, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированные значения КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т. п.); для вспомогательных зданий, когда это требуется по условиям выбора рациональных объемно-планировочных решений.

Общее (независимо от принятой системы освещения) искусственное освещение помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться газоразрядными лампами. Выбирать источники света

следует по табл. 22. Применение ламп накаливания допускается только в тех случаях, когда по условиям технологии, среды или оформления интерьера применение газоразрядных ламп невозможно или нецелесообразно.

Совмещенное освещение нормируется аналогично нормированию естественного освещения — по КЕО (см. табл. 19).

Для производственных помещений, в которых выполняются работы I—VII разрядов, допускается снижать нормированные значения КЕО, но принимать не менее указанных в табл. 35: в помещениях с боковым освещением, глубина которых по условиям технологии или выбора рациональных объемно-планировочных решений не позволяет обеспечить нормированное значение КЕО (табл. 19) для совмещенного освещения; в помещениях, в которых выполняются работы I и II разрядов.

35. Наименьшие нормированные значения КЕО $e_{н}^{III}$, %, при совмещенном освещении (СНиП II-4 — 79)

Разряд зрительной работы	Верхнее или верхнее и боковое освещение	Боковое освещение	
		в зоне с устойчивым снежным покровом	на остальной территории СССР
I	3	1	1,2
II	2,5	0,8	1
III	2	0,6	0,7
IV	1,5	0,4	0,5
V и VII	1	0,2	0,3
VI	0,7	0,2	0,2

36. Освещенность от светильников общего искусственного освещения, лк, в системе комбинированного при совмещенном освещении (СНиП II-4 — 79)

Разряд зрительной работы	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
Iа	600	300
Iб, IIа	500	300
Iв, IIб	400	300
Iг	200	150
IIв, IIIа	300	200
IIг, IIIб, IIIв	200	100
IIIг, IV, Vа, Vб	200	100

При снижении нормативных значений КЕО следует освещенность от системы общего искусственного освещения повышать на одну ступень по шкале освещенности (кроме разрядов Iа, Iб, Iв, IIа и IIб), если повышение освещенности не предусматривается СНиП II-4—79, и принимать согласно СНиП II-4—79, а именно: для газоразрядных ламп — 200—750 лк, для ламп накаливания — 100—300 лк;

освещенность от светильников общего освещения в системе комбинированного принимать согласно табл. 36.

6.5. Эксплуатация устройств освещения

Для поддержания на рабочих поверхностях рационального освещения, надежной и бесперебойной работы устройств освещения необходимо своевременное и качественное их обслуживание, а также проведение профилактических осмотров и ремонтов. Для выполнения этих работ целесообразно иметь специализированную службу.

При эксплуатации осветительных устройств первостепенное значение имеет своевременная регулярная чистка заполнений световых проемов, светильников и ламп, так как коэффициент запаса при светотехнических расчетах устанавливается в зависимости от числа чисток в год (табл. 37).

Вторым по значимости мероприятием является своевременная замена ламп. Целесообразным является групповой способ замены ламп, при котором они заменяются не после выхода из строя, а по истечении 75—80 % номинального срока службы, что обеспечивает поддержание требуемых осветительных условий, особенно в помещениях со сложными зрительными работами. Демонтированные, но еще работающие лампы можно использовать в подсобных помещениях, где требования к освещению несколько ниже.

Наличие надежных и безопасных средств доступа к светильникам также является важным условием правильного и своевременного обслуживания осветительных установок. Обслуживание светильников со стремянок и приставных лестниц допускается только при высоте установки до 5 м, а при боль-

87. Значения коэффициента запаса $K_з$ и сроки чистки заполнений световых проемов и светильников (СНиП II-4—79)

Помещения и территории с различным состоянием воздушной среды	Примеры помещений	Значения коэффициента $K_з$					Количество чисток в год	
		при естественном освещении и расположении светопропускающего материала			при искусственном освещении			
		вертикально	наклонно	горизонтально	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания	заполнений световых проемов	светильников
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:								
свыше 5 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов	1,5	1,7	2	2	1,7	4	18
от 1 до 5 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные, сборного железобетона	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5	3	6
менее 1 мг/м³ пыли, дыма, копоти	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные, ткацкие, прядильные, деревообрабатывающие	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3	2	4
значительные концентрации паров кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой корродирующей способностью	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений; цехи гальванических покрытий и гальванопластики с применением электролиза	1,5	1,7	2	1,8	1,5	3	6
Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников:								
с технического этажа	—	—	—	—	1,3	1,15	2	4
снизу из помещения	—	—	—	—	1,4	1,2	2	2
Помещения общественных зданий	Кабинеты и рабочие помещения, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний и т.д.	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3	2	2
Территории:								
металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций	—	—	—	—	1,5	1,4	—	4
промышленных предприятий (кроме указанных выше) и общественных зданий	—	—	—	—	1,5	1,3	—	2

Примечания: 1. Коэффициенты запаса установлены с учетом приведенного количества чисток в год заполнений световых проемов и светильников.

2. Значения коэффициента запаса при естественном освещении следует умножать на 1,1 при применении узорчатого стекла, стеклопластика, армопленки и матированного стекла, а также при использовании световых проемов для аэрации; на 0,9 — при применении органического стекла.

шей высоте необходимы специальные подъемные устройства или подходы к светильникам.

Труднорешаемым вопросом является демеркуризация отработавших срок службы разрядных ламп, которая должна проводиться в специальных условиях. Ни в коем случае нельзя выбрасывать или разбивать использованные люминесцентные лампы, их надо сдавать соответствующим службам или организациям.

При обслуживании и текущем ремонте светильников необходимо соблюдать требования техники безопасности: работы по замене ламп, чистке светильников, как правило, должны проводиться в дневное время при отключенной сети, это же относится и к смене предохранителей; смена плавких вставок предохранителей допускается под напряжением, но при снятой нагрузке, эту работу нужно выполнять в защитных очках и диэлектрических перчатках или с помощью изолирующих клещей.

Список литературы

1. **Безопасность** труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Сабарно и др.— К.: Тэхника, 1982.— 231 с.
2. **Кнорринг Г. М.** Осветительные установки.— Л.: Энергоиздат, 1981.— 288 с.
3. **Лукина Т. О., Тульчин И. К.** Освещение предприятий бытового обслуживания.— М.: Энергоатомиздат, 1988.— 88 с.
4. **Мешков В. В., Епанешников М. М.** Осветительные установки.— М.: Энергия, 1972.— 360 с.
5. **Справочная** книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга.— Л.: Энергия, 1976.— 348 с.
6. **Справочная** книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга.— М.: Энергоатомиздат, 1983.— 385 с.

Глава 7

ЗАЩИТА ОТ ШУМА, ВИБРАЦИИ, УЛЬТРАЗВУКА И ИНФРАЗВУКА

7.1. Защита от шума

Общая характеристика шума. Шум является хаотическим сочетанием звуков различной частоты и интенсивности и одним из наиболее распространенных факторов внешней среды. Звук представляет собой волновое колебание упругой среды, при котором возникает избыточное давление. Это избыточное давление благодаря упругости окружающего воздуха передается от слоя к слою воздуха, вызывая тем самым появление звуковых волн. Звуковая волна характеризуется звуковым давлением p, Па, колебательной скоростью v, м/с, интенсивностью I, Вт/м^2 и частотой f, Гц.

При распространении звуковой волны частицы воздуха или жидкости испытывают колебания около положения равновесия. Скорость, с которой колеблются частицы среды относительно своего положения равновесия, называется колебательной скоростью, м/с:

$$v = p/(\rho c),$$

где p — звуковое давление, Па; ρc — удельное акустическое сопротивление среды, Па · с/м; ρ — плотность среды, кг/м^3, c — скорость звука в среде м/с.

Интенсивность звука, Вт/м^2, связана со звуковым давлением зависимостью $I = pv = p^2/(\rho c)$.

Диапазон слышимых частот звука лежит в пределах 20—20000 Гц. Наибольшей чувствительностью к звуку слуховой аппарат человека обладает при частотах 2000—5000 Гц. За эталонный принят звук с частотой колебания 1000 Гц.

Диапазон звукового давления, различаемого органами слуха человека, довольно широк. Минимальная величина звукового давления на частоте

1000 Гц, которое едва ощущается человеческим ухом, называется порогом слышимости $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, а соответствующая ему интенсивность $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². При звуковом давлении $2 \cdot 10^2$ Па и интенсивности звука 10^2 Вт/м² возникают болевые ощущения; такие значения называются болевым порогом. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости. Так как болевой порог превышает порог слышимости в 10^{14} раз по интенсивности звука и в 10^7 раз по звуковому давлению, то пользоваться для оценки звука абсолютными значениями интенсивности звука или звукового давления неудобно. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать интенсивность звука и звуковое давление в относительных логарифмических единицах — децибелах (дБ), т. е. по отношению к значениям порога слышимости. Таким образом, уровень звукового давления, дБ, выражается зависимостью

$$L = 20 \lg (p/p_0),$$

где p — среднеквадратичное звуковое давление, Па; p_0 — пороговое среднеквадратичное звуковое давление, Па.

Уровень интенсивности звука, дБ

$$L = 10 \lg (I/I_0) = 20 \lg (p/p_0).$$

Чувствительность слуха падает с понижением частоты звука. Для того чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, вводят понятие корректированного уровня звукового давления (уровня звуковой мощности и т. п.). Коррекция заключается в том, что вводятся зависящие от частоты звука поправки к уровню соответствующей величины. Корректированный уровень звукового давления $L_A = L - \Delta L_A$ называется уровнем звука и измеряется в дБ [А].

Стандартное значение коррекции ΔL_A следующее:

Частота, Гц	*Коррекция* ΔL_A, дБ	*Частота, Гц*	*Коррекция* ΔL_A, дБ
16	80	250	8,6
31,5	42	1000	0
63	26,3	2000	—1,2
125	16,1	4000	—1,0
500	3,2	8000	1,1

Поэтому для ориентировочной оценки постоянного широкополосного шума на рабочих местах ГОСТ 12.1.003—83 допускает принимать уровень звука в дБ (А), измеряемый на временной характеристике «Медленно» шумомера и определяемый по формуле

$$L_A = 20 \lg (p_A/p_0),$$

где p_A — среднеквадратичное звуковое давление с учетом коррекции «А» шумомера, Па.

Уровень звукового давления на расстоянии от источника шума r вычисляют по формуле

$$L_r = L_1 - 20 \lg (r/r_1),$$

где L_1 — уровень звукового давления на расстоянии r_1 от источника шума, дБ.

Уровень шума от нескольких некогерентных источников определяется по формуле

$$L_\Sigma = 10 \lg \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_i},$$

где L_i — уровень звукового давления i-го источника шума, дБ; n — количество источников шума.

Суммарный уровень шума от n одинаковых по уровню источников шума L в равноудаленной от них точке определяют по формуле $L_\Sigma = L + 10 \lg n$.

При одновременном действии двух источников с различными уровнями суммарный уровень

$$L_\Sigma = L_1 + \Delta L,$$

где L_1— наибольший из двух суммарных уровней шума; ΔL — добавка, зависящая от разности уровней звука двух источников, значения приведены ниже:

Разность уровней двух источников $L_1 - L_2$, дБ	*Добавка ΔL, дБ*	*Разность уровней двух источников $L_1 - L_2$, дБ*	*Добавка ΔL, дБ*
0	3	4	1,5
1	2,5	5	1,2
2	2	6	1
3	1,8	10	0,5

При большем числе источников шума интенсивность суммируется последовательно от наибольшего к наименьшему.

Классификация шума. По характеру спектра шум подразделяется на широкополосный с непрерывным спектром шириной более октавы; тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона. По временным характеристикам шум делится на постоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более чем на 5 дБ А; непостоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБ А. В свою очередь непостоянный шум подразделяется на колеблющийся во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени; прерывистый, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБ А и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более; импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

По происхождению шумы делятся на механические, возникающие в результате движения отдельных узлов и деталей установок, машин (металлообрабатывающие станки, вибро- и ударостенды и т. д.); аэродинамические, возникающие в результате истечения сжатого воздуха, газов или перемещения газообразных сред с большой скоростью (компрессорные и вентиляционные установки); гидродинамические, возникающие вследствие стационарных и нестационарных процессов в жидкостях (кавитация, турбулентность потока, гидравлические удары — это насосы и др.); электромагнитные, возникающие в электрических машинах, установках, приборах и аппаратах (шум силовых трансформаторов за счет действия магнитострикции и т. д.).

Воздействие шума на человека может вызывать различные общебиологические раздражения, патологические изменения, функциональные расстройства и механические повреждения. Длительное воздействие интенсивного шума может привести к патологическому состоянию слухового органа, к его утомлению и возникновению профессионального заболевания — тугоухости, а при уровнях 120—140 дБ А способен вызвать механическое повреждение органов слуха (разрыв барабанной перепонки). Признаком заболевания слухового рецептора являются головные боли и шум в ушах, иногда потеря равновесия и тошнота.

Шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушениями тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное давление. Шум приводит к нарушению нормальной функции желудка — уменьшается выделение желудочного сока и изменяется кислотность (возникает гастрит). Особенно подвержена воздействию центральная нервная система. Отмечались изменения в органе зрения человека (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и вестибулярном аппарате, повышение внутричерепного давления, нарушение в обменных процессах организма и т. п.

Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации (слежение, сбор информации и мышление), снижает производительность труда, увеличивает брак в работе, создает предпосылки к возникновению несчастных случаев.

Нормирование шума с 1990 г. осуществляется в соответствии с «Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах» взамен ГОСТ 12.1.003—83, действовавшего до 1989 г.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах при ориентировочной оценке принимать уровень звука (дБ А), измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера по ГОСТ 17187—85.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный параметр — эквивалентный (по энергии) уровень звука (дБ А), определяемый в соответствии с утвержденными Минздравом СССР «Методическими указаниями по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах» № 1844—78 по формуле

$$L_{\text{А экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_{\text{А}}(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где T — время действия шума, ч; $p_{\text{А}}(t)$ — текущее значение среднеквадратичного звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па; p_0— пороговое значение звукового давления ($p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Допускается в качестве характеристики непостоянного шума использовать дозу шума или относительную дозу шума в соответствии с утвержденными Минздравом СССР «Методическим рекомендациям по дозной оценке производственных шумов» № 2908—82.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать в соответствии с Санитарными нормами (табл. 38) [4].

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука следует принимать: для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума — по табл. 38; для тонального и импульсного шума — на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 38; для шума, создаваемого установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления — на 5 дБ меньше фактических уровней шума в помещениях, если последние не превышают значений табл. 38 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается), в противном случае — на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 38; для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБ А; для импульсного шума максимальный уровень звука не должен превышать 125 дБ А_1.

Для отдельных видов трудовой деятельности (профессий) должны уменьшаться допустимые уровни звука при разработке отраслевой регламентирующей документации с учетом категории тяжести и напряженности труда в соответствии с табл. 39.

Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 85 дБ А должны быть обозначены знаками безопасности (ГОСТ 12.4.026—76). Работающих в этих зонах снабжают средствами индивидуальной защиты (ГОСТ 12.4.051—78).

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Контроль уровней шума согласно ГОСТ 12.1.003—83 и «Санитарным нормам допустимых уровней шума на рабочих местах» должен осуществляться на предприятиях не реже одного раза в год.

Измерение шума выполняется в такой последовательности: сначала выявляют наиболее шумные узлы и измеряют спектры на рабочих местах, затем

38. Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая деятельность, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание, рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов ЭВМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Высококвалифицированная работа, измерительные и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Работа с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, рабочие места в помещении диспетчерской службы, с речевой связью, машинописных бюро	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Рабочие места за пультами в кабинах, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов ЭВМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
На постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

39. Оптимальные уровни звука, дБ А, на рабочих местах для труда разных категорий тяжести и напряженности

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда				Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	Легкая I	Средней тяжести II	Тяжелая III	Очень тяжелая IV		Легкая I	Средней тяжести II	Тяжелая III	Очень тяжелая IV
Мало напряженная I	80	80	75	75	Напряженная III	60	60	—	—
Умеренно напряженная II	70	70	65	65	Очень напряженная IV	50	50	—	—

определяют длительность воздействия шума на обслуживающий персонал и значения измеренных уровней шума и вибрации сравнивают с допустимыми значениями и выясняют степень их соответствия.

Измерение шума на рабочих местах следует выполнять в соответствии с «Методическими указаниями по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах» № 1844—78. Результаты измерений должны оформляться протоколом [4]. Для наглядного графического изображения распределения уровней шума в производственных помещениях следует составлять шумовые карты в соответствии с «Методическими рекомендациями по составлению карт шума в производственных помещениях».

В ГОСТ 12.1.003—83 установлены требования к шумовым характеристикам машин, обеспечивающим на рабочих местах допустимые уровни шума. Методы определения шумовых характеристик машин изложены в шести стандартах. Первый основополагающий ГОСТ 23941—79 (СТ СЭВ 541—77) содержит перечень шумовых характеристик источников шума, устанавливает деление методов определения шумовых характеристик (на точные, технические и ориентировочные) и условия проведения измерений. Пять остальных стандартов ГОСТ 12.1.024—81 (СТ СЭВ 3076—81), ГОСТ 12.1.025—81 (СТ СЭВ 3080—81), ГОСТ 12.1.028—80 (СТ СЭВ 1413—78), ГОСТ 12.1.027—80 (СТ СЭВ 1414—78), ГОСТ 12.1.026—80 (СТ СЭВ 1412—78) устанавливают два точных, два технических и один ориентировочный методы определения шумовых характеристик источников шума.

Шумовые характеристики машин должны быть указаны в паспорте на них, руководстве (инструкции) по эксплуатации или другой сопроводительной документации.

Для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым уровням необходимо измерять шум, когда работает не менее 2/3 установленных в данном помещении единиц технологического оборудования при наиболее характерном режиме его работы. Должны быть включены вентиляционные установки, а также другие используемые обычно в помещении устройства, являющиеся источниками шума.

Расчет ожидаемых уровней звукового давления на рабочих местах [5]. Акустический расчет проводится в девяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц. Расчет включает: а) выявление источников шума (ИШ) и их шумовых характеристик (уровней звуковой мощности в девяти октавных полосах L_P; б) выбор расчетных точек (РТ) в помещениях (РТ следует выбирать для цехов с однотипными установками — на рабочем месте в средней части цеха; для цехов с групповым размещением однотипных установок— на рабочем месте в центре каждой группы; для цехов со смешанным размещением разнотипных установок — на рабочем месте наиболее шумной установки); в) определение допустимых уровней звукового давления для РТ $L_{доп}$ в соответствии с табл. 38; г) определение путей распределения шума от ИШ до РТ; д) определение ожидаемых уровней звукового давления в РТ L с учетом снижения уровней звуковой мощности ΔL_P по пути распространения шума; е) определение требуемого снижения уровней звукового давления $\Delta L_{рт}$ по пути распространения шума; ж) выбор наиболее рациональных методов и средств борьбы с шумом; з) определение уровней звукового давления в РТ после осуществления выбранных мероприятий и сопоставления их с $L_{доп}$.

Расчетные точки выбираются на рабочих местах у машин, установок, расположенных на полу, с максимальным уровнем излучаемой звуковой мощности. Уровни звукового давления в расчетной точке зависят от звуковой мощности и плотности размещения установок и энергии отраженного звука, зависящей от ограждающих конструкций и конфигурации помещения, и определяется по формуле

$$L = L_P + 10 \lg ((x/S_i) + (4\psi/B_ш)),$$

где L_P — уровень звуковой мощности ИШ, дБ; x — коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля и принимаемый по графику (рис. 14) в зависимости от отношения расстояния r от ИШ до расчетной точки к максималь-

ному линейному размеру ИШ $l_{макс}$; $B_ш$ — постоянная помещения с ИШ, определяемая по рис. 15 и табл. 40, м²;

$$B_ш = B_{1000}\mu;$$

ψ — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещениях и определяемый по графику (рис. 16), в зависимости от постоянной помещения $B_ш$ и общей площади внутренних поверхностей S; S_i — площадь воображаемой поверхности, окружающей ИШ и проходящей через расчетную точку (для источников, у которых $2r_i l_{макс} \leqslant S_i = 2\pi r^2$). Суммарный октавный уровень звукового давления в РТ при работе нескольких ИШ определяется путем сложения уровней звукового давления в этой РТ от каждого из принимаемых в расчет источников с помощью формул, приведенных в общей характеристике шума.

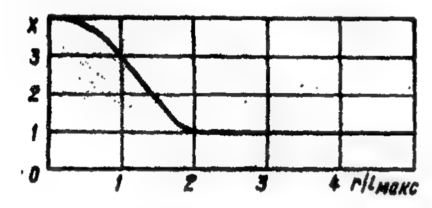


Рис. 14. График для определения параметра x.

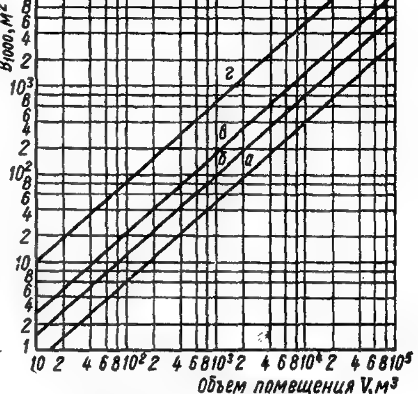


Рис. 15. График для определения постоянной помещения B_{1000} [5]:

а — без мебели, с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т. п.); *б* — с жесткой мебелью или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т. п.); *в* — с большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения административных зданий, конструкторские залы, аудитории и т. п.); *г* — помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен.

40. Частотный множитель μ [5]

Объем помещений V, м³	Среднегеометрические частоты, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V \leqslant 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	0,4	1,8	2,5
$200 < V < 500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V \geqslant 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

В случае, когда не имеется шумовых характеристик установок, можно использовать приближенный метод расчета уровней звукового давления на рабочем месте в помещениях объемом от 1000 до 60000 м³. Для этого необходимо иметь следующие данные: октавные уровни звукового давления на рабочем месте каждого одиночного работающего ИШ при наиболее характерной или шумной операции; спады октавных уровней звукового давления при удалении от станка, установки в аналогичном помещении или типовом цехе, которые определяют по графику (рис. 17).

Расчет проводится по формуле

$$L_{i\text{РТ}} = L_{\text{рм}} + \Delta L_i,$$

где $L_{i\,\text{РТ}}$ — ожидаемый октавный уровень звукового давления в РТ от каждого из учитываемых одиночно работающих ИШ, дБ;

$L_р$ — октавный уровень звукового давления на рабочем месте этого одиночно работающего ИШ; ΔL_l — спад октавного уровня звукового давления на расстоянии от этого ИШ до РТ, дБ.

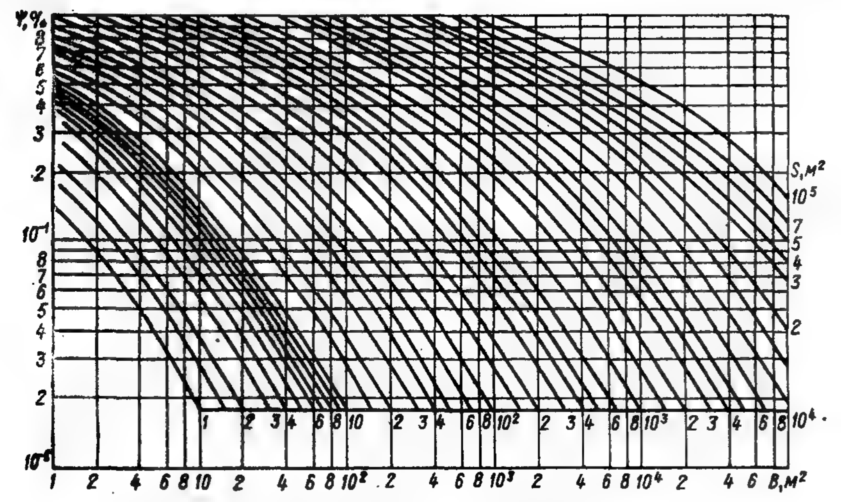


Рис. 16. Номограмма для определения множителя ψ.

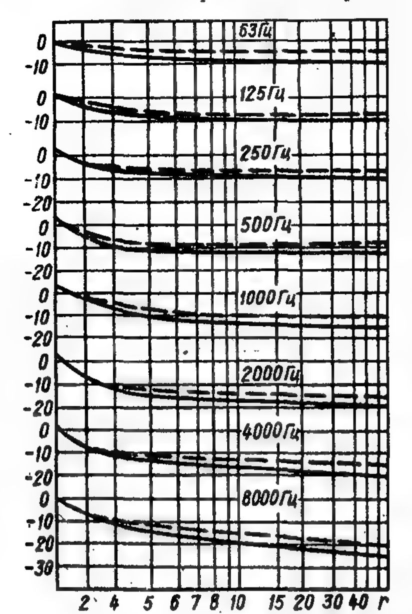


Рис. 17. Частотная характеристика спадов уровней звукового давления в зависимости от удаления точки измерения от единично работающего оборудования:

штриховая — $H = 4—6$ м, $V = 1000—12\,000$ м³; сплошная — $H = 8—12$ м, $V = 2000—60\,000$ м³ (H — высота помещения; V — объем помещения).

Требуемое снижение уровней звукового давления в РТ определяется как разность ожидаемого уровня звукового давления в РТ до осуществления мероприятия по снижению шума и допустимого уровня $L_{доп}$

$$\Delta L_{тр} = L - L_{доп},$$

$L_{доп}$ определяется по табл. 38.

Методы и средства борьбы с шумом. В соответствии с ГОСТ 12.1.003—83 защита от шума должна достигаться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029—80 и средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051—78, а также строительно-акустическими методами. Основными средствами коллективной защиты являются: снижение шума в источнике его возникновения и на пути его распространения.

Методы, которые снижают шум непосредственно в самом источнике, подразделяются на средства, снижающие возбуждение шума, и средства, снижающие звукоизлучающую способность источника шума. Методы борьбы с механическими, аэродинамическими, гидродинамическими и электромагнитными шумами в источнике их возникновения для определенных производственных установок, машин, приборов и аппаратов подробно рассмотрены в работе [2]

с указанием конкретной технической литературы для соответствующей отрасли.

Средства, снижающие шум на пути его распространения, в зависимости от среды подразделяются на средства, снижающие передачу воздушного шума, и средства, снижающие передачу структурного шума.

Средства защиты от шума в зависимости от использования дополнительного источника энергии подразделяются на пассивные, в которых не используется дополнительный источник энергии, и активные, в которых используется дополнительный источник энергии.

Средства и методы коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации подразделяются на акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические.

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия подразделяются на средства звукоизоляции, средства звукопоглощения, средства виброизоляции, средства демпфирования и глушители шума.

Архитектурно-планировочные методы защиты включают: рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов; рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, рациональное размещение рабочих мест, рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков, создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения человека.

Организационно-технические методы включают применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.); оснащение машин и установок средствами дистанционного управления и автоматического контроля; применение малошумных установок, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц; совершенствование технологии ремонта и обслуживания установок; использование рациональных режимов труда и отдыха работников.

К числу основных строительно-акустических мероприятий по снижению шума в цехах относятся выбор и установка наименее шумящего оборудования; устройство кожухов, глушителей, экранов; рациональная планировка территории предприятия, при которой объекты, требующие защиты от шума (лабораторные корпуса, вычислительные центры и т. п.), максимально удалены от шумных открытых установок и помещений; рациональная поэтажная планировка зданий и размещение шумного оборудования в здании; устройство виброизолированных фундаментов и амортизаторов под оборудование для предотвращения передачи вибраций на строительные конструкции. Эти мероприятия включают также устройство глушителей шума на выхлопе и всасывании технологического оборудования, а также глушение шума вентиляционных установок; применение виброизолирующих покрытий для виброизоляции воздуховодов; устройство звукоизолированных кабин наблюдения, управления и т. п.; применение выгородок, экранов для защиты рабочих мест от шума, а также для выгородки наиболее шумных машин и установок в цехе.

Шум снижают также облицовка звукопоглощающими материалами потолка и стен, установка штучных звукопоглотителей; подбор звукоизолирующих ограждений, перекрытий, дверей и окон; отделение менее шумных участков и конторских помещений стенками и перегородками, имеющими достаточную звукоизоляцию; размещение станков, стендов и другого оборудования с возможно меньшей плотностью (расстояние между станками не менее 1,5 м), что позволяет применять дополнительные средства для снижения шума — экраны или выгородки; объединение, по возможности, станков в группы по степени шумности с полным или частичным отделением наиболее шумной группы от остального оборудования.

При выборе формы и объема помещения следует отдавать предпочтение вытянутой форме и плоскому звукопоглощающему потолку с минимально необходимой высотой.

К акустическим средствам защиты от шума относят также демпфирование, звукоизоляцию и звукопоглощение.

Снижения шума с помощью средств демпфирования добиваются покрытием излучающей поверхности демпфирующими материалами, имеющими

большое внутреннее трение. Существует много различных видов демпфирующих покрытий. Наиболее распространены жесткие покрытия из упруговязких материалов (мастики, специальные виды войлока, линолеума), наносимых на поверхность наклеиванием, напылением и др.

С помощью звукоизолирующих преград легко снизить уровень шума на 30...40 дБ. Метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение. Однако звуковая энергия не только отражается от ограждения, но и проникает через него, что вызывает колебание ограждения, которое само становится источником шума. Чем больше поверхностная плотность ограждения, тем труднее привести его в колебательное состояние, следовательно, тем выше его звукоизолирующая способность. Поэтому эффективными звукоизолирующими материалами являются металлы, бетон, дерево, стекла, плотные пластмассы и т. п.

Для оценки звукоизолирующей способности ограждения введено понятие звукопроницаемости τ, под которой понимают отношение звуковой энергии, прошедшей через ограждение, к падающей на него. Величина, обратная звукопроницаемости, называется звукоизоляцией (дБ), она связана со звукопроницаемостью следующей зависимостью: $R = 10 \lg (1/\tau)$.

Методы акустического расчета звукоизолирующей способности ограждений приведены в СНиП II-12—77 «Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Защита от шума».

В цехах с особо шумным оборудованием (стенды для испытания, вибростенды, компрессорные залы) для персонала должны устраиваться звукоизолированные кабины, изготовленные из железобетонных панелей, кирпича или из сборных конструкций (из листового металла, стекла и т. п.).

Требуемую звукоизолирующую способность ограждающих конструкций, окон и дверей кабин рассчитывают в октавных полосах со средними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц по следующим формулам [5]:

$$R_{\text{тр}i} = L_{\text{сум}} - 10 \lg B_{\text{ш}} + 10 \lg S_i + 6 - L_{\text{доп}} + 10 \lg n - 10 \lg B_n$$

или

$$R_{\text{тр}i} = L_{\text{ср}} - 10 \lg B_n + 10 \lg S_i - L_{\text{доп}} + 10 \lg n,$$

где $L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{1}^{m} 10^{0,1 L_{\text{рк}}}$ — суммарный октавный уровень звуковой мощности всех ИШ в помещении; $L_{\text{рк}}$ — октавный уровень звуковой мощности, излучаемой рассматриваемым ИШ; m — общее количество ИШ; $B_{\text{ш}}$ и $B_{\text{п}}$ — соответственно постоянные шумного и изолируемого помещений в данной октавной полосе частот, м²; S_i — площадь рассматриваемого ограждения или его элемента, через которые шум проникает в изолируемое помещение, м²; $L_{\text{доп}}$ — допустимый по нормам октавный уровень звукового давления в расчетной точке изолируемого помещения, дБ; n — общее количество принимаемых в расчет отдельных элементов ограждений; $L_{\text{ср}}$ — средний октавный уровень звукового давления в шумном помещении, определяемый измерением.

Для уменьшения воздушного шума всей шумящей установки или ее отдельных узлов применяют звукоизолирующие кожухи. Звукоизоляция кожухом определяется по формуле

$$R_{\text{кож}} = R - 10 \lg \frac{S}{\sum \alpha_i S_i}.$$

Если звукоизолирующая облицовка нанесена на всей внутренней поверхности кожуха и он не имеет отверстий, то

$$R_{\text{кож}} = R - 10 \lg 1/\alpha,$$

где R — звукоизолирующая способность стенки кожуха, дБ; α — коэффициент звукопоглощения (КЗП) облицовки стенок кожуха; α_i — КЗП отдельных участков стенок кожуха; S_i — площадь этих участков стенок кожуха; S — площадь поверхности кожуха.

Если все стенки кожуха однородны, т. е. выполнены из материала одной марки и имеют одинаковую толщину, то

$$R = 20 \lg Pf - 60,$$

где P — масса 1 м² стенки кожуха, кг; f — частота, Гц.

Однако на частоте резонанса $f_{кр}$, а также в ближайших от $f_{кр}$ областях частот, материал начинает проводить звук и его звукоизоляция падает. В этом случае расчет звукоизолирующей способности R однородной конструк-

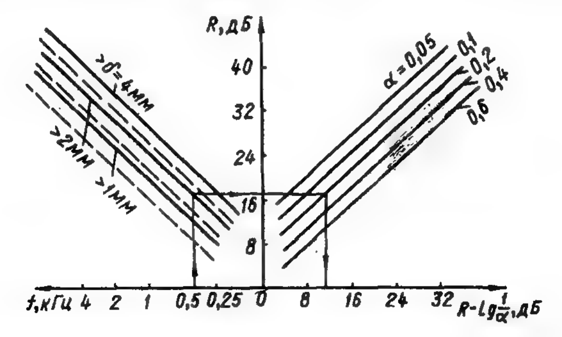


Рис. 18. Номограмма расчета звукоизоляции кожуха в докритическом диапазоне частот:

δ — толщина стенки кожуха; ——— сталь; — — — алюминий; α — коэффициент звукопоглощения материала обшивки.

ции кожуха с учетом резонанса совпадения выполняется по следующей методике: определяют критическую частоту $f_{кр}$ и рассчитывают частоты — $0{,}25f_{кр}$; $0{,}5\,f_{кр}$; $2\,f_{кр}$; на графике частотной зависимости R от f откладывают величину $f_{кр}$ и вычисленные долевые значения $f_{кр}$. Затем на этих частотах откладывают значения R в соответствии с номограммой (рис. 18); полученные

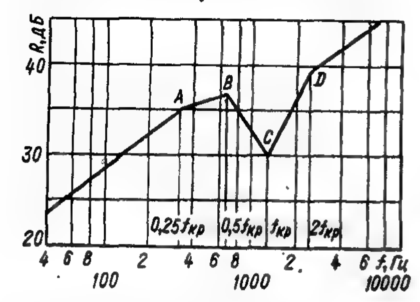


Рис. 19. График расчета звукоизолирующей способности однородного кожуха.

41. Звукоизолирующая способность материалов, дБ [5]

Материал конструкции	$0{,}25\,f_{кр}$	$0{,}5\,f_{кр}$	$f_{кр}$	$2\,f_{кр}$
Сталь	35	37	30	39
Дюралюминий	31	33	26	25
Стеклопластик	28	31	22	30

точки A, B, C и D соединяют прямыми линиями. Влево от точки A и вправо от D кривая R конструкции кожуха продолжается с наклоном 4 дБ на октаву (рис. 19). Приведенной схемой можно пользоваться для материалов, указанных в табл. 41.

Для кожуха, выполненного из двух материалов, имеющих значительную разницу в значениях звукоизолирующих способностей, средняя звукоизоляция определяется из выражения

$$R = R_к - \Delta,$$

где Δ — определяется из графика (рис. 20) как функция $R_К - R_1$ и ΔS: $R_К$ — звукоизолирующая способность материала кожуха, дБ; R_1 — звукоизолирующая способность смотрового окна, дБ; ΔS — площадь смотрового окна, % от общей площади кожуха.

Для увеличения звукоизоляции ограждений применяют различные звукопоглощающие материалы (лучше на основе минерального или стеклянного волокна), коэффициенты звукопоглощения которых приведены в табл. 42. Для снижения шума в помещении проводят его акустическую обработку, нанося звукопоглощающие материалы на внутренние поверхности, а также размещая в помещении штучные звукопоглотители.

Эффективность звукопоглощающего устройства характеризуется коэффициентом звукопоглощения, который представляет собой отношение поглощенной звуковой энергии к падающей: $\alpha = E_{погл}/E_{пад}$. При $\alpha = 0$ вся энергия отражается без поглощения, при $\alpha = 1$ вся энергия поглощается (эффект «открытого окна»). Коэффициент зависит от частоты звуковых волн и угла их падения на конструкцию.

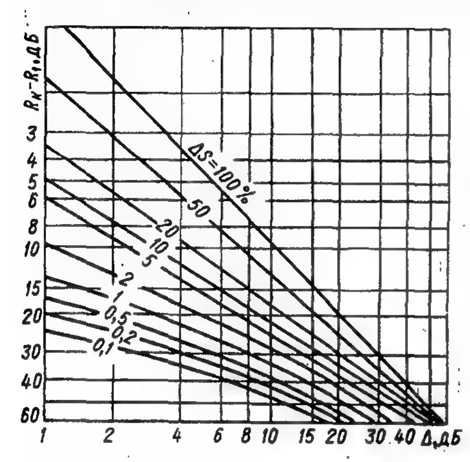


Рис. 20. График определения поправки Δ.

Звукопоглощающие устройства бывают пористыми, пористоволокнистыми, с экраном, мембранные, слоистые, резонансные и объемные. Эффективность применения различных звукопоглощающих устройств определяется в результате акустического расчета с учетом требования СНиП II-12—77. Для достижения максимального эффекта рекомендуется облицовывать не менее 60 % общей площади ограждающих поверхностей, а объемные (штучные) звукопоглотители располагать как можно ближе к источнику шума.

Максимальное снижение уровня шума в отраженном поле с помощью акустической обработки внутренних поверхностей помещения практически не превышает 6...8 дБ, достигая в отдельных полосах частот 10...12 дБ.

Акустическая обработка обязательно должна применяться в шумных цехах, машинных залах машиносчетных станций и вычислительных центров, машинописных бюро и др.

Звукопоглощающие облицовки и штучные поглотители, как правило, применяются в сочетании с другими мероприятиями по ограничению шума.

Эффективность применения акустических облицовок определяется звукопоглощающими свойствами выбранных конструкций, способами их размещения, размерами помещений и местом расположения ИШ. Наибольший акустический эффект достигается в точках, расположенных в зоне отраженного звука (далеко от ИШ), где звуковое поле полностью определяется плотностью энергии отраженных звуковых волн. В зоне, где преобладает прямой звук, т. е. вблизи от источника шума, акустический эффект звукопоглощающей облицовки заметно снижается.

Если стены помещения или перекрытие спроектированы светопрозрачными и площадь свободных поверхностей, пригодных для размещения звукопоглощающей облицовки, мала, рекомендуется применять облицовочные щиты в виде кулис или дополнительно-штучные поглотители шума. Штучные поглотители рекомендуется подвешивать как можно ближе к источникам шума.

Акустическими характеристиками помещения являются: постоянная помещения B, эквивалентная площадь звукопоглощения A и средний коэффициент звукопоглощения α.

42. Показатели звукоизоляции конструкций промышленных зданий [5]

Материал конструкции	Толщина, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м²	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка (оштукатуренная с двух сторон)	1 кирпич	420	36	41	44	51	58	64	65	65
Железобетонная плита	50	125	28	34	35	35	41	48	55	55
Керамзитобетонная плита	80	100	—	33	34	39	47	52	54	—
Шлакобетонная панель	140	250	—	—	41	45	49	51	51	—
Шлакоблоки, оштукатуренные с двух сторон	220	360	—	42	42	48	54	60	63	—
Гипсобетонная (гипсолитовая) плита	80	115	—	28	33	37	39	44	44	42
Шлакобетон	140	250	—	44	41	45	49	51	51	—
Гипсобетон	80	115	—	30	36	35	41	49	51	—
Железобетонные балки-стенки по 40 мм (воздушный промежуток 40 мм)	90	200	—	41	47	44	50	57	—	—
Древесно-стружечные плиты 19 мм	122	35	—	27	39	41	44	43	—	—
Минераловатные плиты на синтетической связке 74 мм (ρ=200 кг/м³)										
Цементный фибролит 75 мм	95	72	—	34	35	35	35	41	46	—
Минеральный войлок 60 мм	80	34	—	30	35	42	47	44	48	—
Асбестоцементные листы по 10 мм										
Древесностружечная плита ρ=600 кг/м³)	19	12	—	23	26	25	25	24	25	—
Дюралюминиевый лист	1	—	—	10	14	18	22	25	29	—
Дюралюминиевый лист 2 мм	82	—	—	15	20	28	36	43	50	—
Минеральные плиты 80 мм (ρ=100 кг/м³)										
Стальной лист	5	—	—	25	32	35	36	32	34	—
Стальной лист 5 мм	85	—	—	25	34	43	48	50	50	—
Минераловатные плиты 80 мм (ρ=100 кг/м³)										
Окна										
Оргстекло	10	—	—	17	22	30	33	33	35	—
Стеклоблоки БК-98	98	—	—	37	40	42	45	48	50	—
Стекло 4 мм	4	—	—	19	24	28	30	33	31	—
Витраж с открывающимися створками, стекло 7 мм	7	—	—	22	27	29	31	25	36	—
Стеклопакеты	24	—	—	16	26	28	37	41	41	—
Стекло 4 мм воздушный промежуток 6 мм, 30 мм	38	—	—	15	26	30	36	40	40	—
Стекло 4 мм воздушный промежуток 100 мм	108	—	—	21	33	39	47	50	51	—
Двери										

Продолжение табл. 42

Материал конструкции	Толщина, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м²	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Обыкновенная филенчатая дверь с уплотняющими прокладками из резины	—	—	—	18	19	23	30	33	32	—
Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с обеих сторон фанерой толщиной 4 мм										
без уплотняющих прокладок	48	—	—	22	23	24	24	24	23	—
с уплотняющими прокладками из резины	48	—	—	27	27	32	35	34	35	—
Щитовая дверь из твердых древесноволокнистых плит толщиной 4 и 6 мм с воздушным зазором 50 мм, заполненным стекловатой										
без уплотняющих прокладок	60	—	—	22	24	25	25	23	16	—
с уплотняющими прокладками из резины	60	—	—	27	28	32	35	34	38	—

По найденной постоянной помещения B для каждой октавной полосы вычисляют эквивалентную площадь звукопоглощения:

$$A = \frac{BS}{B+S} = \frac{B}{B/S+1},$$

где S—общая суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, м².

Для производственных помещений с источниками шума, характеристики которых известны, акустическую обработку следует проектировать на основании предварительного определения требуемого снижения уровня шума в каждой октавной полосе: $\Delta L_{тр} = L - L_{доп}$.

Зная $\Delta L_{тр}$, по табл. 40 выбирают конструкцию облицовки, у которой частотная характеристика реверберационного коэффициента звукопоглощения $L(f)$ соответствует частотной характеристике $\Delta L_{тр}$.

По графику (рис. 15) и табл. 42 определяют постоянную помещения до его акустической обработки B_{1000} и $B = \mu B_{1000}$. Затем определяют средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки $\alpha = B / (B + S)$.

Зная α, находят эквивалентную площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой A_1, $A_1 = \alpha (S - S_{обл})$. Затем определяют суммарное добавочное поглощение, вносимое облицовкой или штучными поглотителями:

$$\Delta A = \alpha_{обл} S_{обл} + nA_{шт},$$

где $\alpha_{обл}$ — реверберационный коэффициент звукопоглощения (выбирается по табл. 43); $S_{обл}$— площадь этой конструкции, м²; $A_{шт}$ — эквивалентная

площадь звукопоглощения одного штучного поглотителя, м²; n — количество штучных поглотителей. Имея ΔA, A_1 и зная общую площадь ограничивающих поверхностей помещения, определяют средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения $\alpha_1 = (A_1 + \Delta A)/S$.

Постоянную помещения B_1, м², после облицовки определяют по формуле $B_1 = (A_1 + \Delta A) / (1 - \alpha_1)$.

Определим количество m источников шума, расположенных вблизи расчетной точки, т. е. источников, для которых выполняется неравенство $r_1 \leqslant \leqslant 4r_{мин}$ ($r_{мин}$ — расстояние от расчетной точки до ближайшего источника шума).

Определим также S_i — площадь воображаемой поверхности, м², окружающей i-й источник шума и проходящей через расчетную точку (для небольших источников, у которых $2r_i l_{макс} < S_i \approx 2\pi r_i^2$, r_i — расстояние от акустического центра i-го источника до расчетной точки).

Величина снижения уровня звукового давления ΔL на рабочих местах производственных помещений при акустической обработке этих помещений зависит от соотношения между прямым звуком, приходящим непосредственно от источника шума, и звуком отраженным. В данном случае для расчета ΔL может служить формула

$$\Delta L = L - L_{обл} = 10 \lg \frac{\sum\limits^{m} X_1 \Delta_i / S_i + 4/B \sum\limits^{n} \Delta_i}{\sum\limits^{m} X_1 \Delta_i / S_i + 4/B_1 \sum\limits^{n} n_i},$$

где L — уровень звукового давления в расчетной точке до акустической обработки, дБ; $L_{обл}$ — уровень звукового давления в той же точке после акустической обработки, дБ; X_1 — определяется по графику (рис. 14); $\Delta_i = 10^{0,1 L_{P_i}}$ — определяется по данным на с. 101; L_{P_i} — уровень звуковой мощности i-го источника шума; n — общее количество источников в помещении; B, B_1, m, S_i — определены выше.

Если в помещении установлено оборудование, излучающее одинаковую звуковую мощность, снижение уровня шума благодаря акустической обработке определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{\sum\limits^{m} X_i / S_i + 4n/B}{\sum\limits^{m} X_i / S_i + 4n/B_1}.$$

Если расчетная точка расположена в зоне отраженного звука, т. е. на расстоянии от ближайшего источника шума большем, чем $r_{пр}$, а $\Delta L_{тр}$ не превышает 10—12 дБ, можно вычислить величину требуемого дополнительного звукопоглощения $\Delta A_{тр}$, обеспечивающего достижение необходимой величины снижения уровня звукового давления $\Delta L_{тр}$, $r_{пр} = 0,2\sqrt{B_{8000}}$ м для одного источника.

Величину $\Delta A_{тр}$ определяют по графикам рис. 21.

По рис. 22 по известному значению среднего коэффициента звукопоглощения α и $\Delta L_{тр}$ определяется величина k — коэффициент пропорциональности, с помощью которого находится $\Delta A_{тр} = kS$.

По рис. 22 по величине k и известной площади S определяют $\Delta A_{тр}$ для каждой октавной полосы.

По виду частотной характеристики $\Delta A_{тр}$ по таблице подбирают идентичную ей характеристику реверберационного коэффициента звукопоглощения $\alpha_{окт}$ и соответствующую конструкцию облицовки.

Необходимую для обеспечения $\Delta A_{тр}$ площадь звукопоглощающей облицовки $S_{обл}$ определяют из соотношения $S_{обл} = \Delta A_{тр} / \alpha_{окт}$.

43. Средние коэффициенты звукопоглощения строительных материалов и конструкций [5]

Материал, конструкция	Частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стены								
Бетон	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
Бетон окрашенный	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Кирпичная кладка								
без заделки шва	0,15	0,15	0,19	0,21	0,28	0,38	0,46	0,46
с заделкой шва	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Кирпичная кладка								
без заделки шва, оштукатуренная	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
с окраской масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Известковая штукатурка по сетке	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,04	0,06	0,06
Сухая штукатурка	0,02	0,02	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	0,06
Деревянная обшивка	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,11	0,11
Фанера, оклеенная обоями	0,12	0,12	0,12	0,06	0,08	0,09	0,12	0,12
Застекленные оконные пролеты	0,30	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04
Окна одинарные	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Стеклопластик	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Метлахская плитка	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Полы								
Дощатый пол	0,15	0,15	0,11	0,10	0,06	0,07	0,07	0,07
Паркет по асфальту	0,04	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
Пол, натертый мастикой	0,16	0,16	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	0,07
Линолеум	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Резина толщиной 5 мм на бетоне	0,04	0,04	0,04	0,08	0,20	0,08	—	—
Ковер с ворсом, толщиной $h=10$ мм	0,10	0,10	0,10	0,30	0,30	0,27	—	—
Проемы								
Вентиляционная решетка	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Открытый проем в соседнее помещение	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40
Открытый проем в атмосферу	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Материалы								
Плиты полужесткие из минеральной ваты на крахмальном связующем (ТУ 81—63), $h=700$ мм	0,20	0,20	0,45	0,82	0,98	0,93	—	—
Маты из минеральной ваты на связующем из синтетических смол (ТУ 104—53), $h=50$ мм	0,30	0,37	0,72	0,67	0,67	0,66	0,66	—
Маты из минеральной ваты (ГОСТ 4640—61),								
$h=50$ мм	0,05	0,05	0,26	0,80	0,93	—	—	—
$h=100$ мм	0,15	0,15	0,75	0,80	0,80	—	—	—

Материал, конструкция	Частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Минераловатные плиты ПП-80,								
$h=25$ мм	0,08	0,08	0,3	0,64	0,89	0,95	0,81	0,81
$h=50$ мм	0,14	0,14	0,52	0,90	0,99	0,92	0,82	0,82
Супертонкое базальтовое волокно, $h=50$ мм	0,05	0,05	0,27	0,90	0,65	—	—	—
Маты из штапельного волокна (ВТУ 965—5328)	0,24	0,24	0,31	0,65	0,69	0,72	0,64	0,64
Ультратонкое стекловолокно УТВ (МРТУ М-879—62)	0,03	0,03	0,06	0,20	0,60	—	—	—
Маты из стекловолокна АТИМСС, простеганные и обшитые с двух сторон ССА (ВТУ С-1—57)	0,15	0,15	0,45	0,52	0,35	—	—	—
Экспериментальное супертонкое стекловолокно, оклеенное полиамидной пленкой (ВТУ М-846—61), $h=50$ мм	0,10	0,10	0,12	0,2	0,73	—	—	—
Маты из стекловолокна (ВТУ 965-3528—58), $h=50$ мм	0,13	0,13	0,32	0,64	0,62	0,59	0,59	0,59
Мягкие, древесноволокнистые плиты (ГОСТ 4598—60, $h=14$ мм	0,03	0,05	0,31	0,36	0,33	0,33	—	—
Древесностружечные плиты «Рамзалит», $h=20$ мм при расстоянии от стены $H=50$ мм	0,29	0,29	0,27	0,33	0,32	0,39	0,46	0,46
Акустический фибролит (ГОСТ 8928—58), $h=35$ мм, $H=100$ мм	0,08	0,08	0,27	0,50	0,35	0,54	0,60	0,60
Фибролитовые плиты (ГОСТ 8928—58), $h=100$ мм, $H=100$ мм	0,39	0,39	0,58	0,50	0,69	0,79	0,76	0,76
Поропласт (ТУ 35ХП № 395—62), $h=50$ мм	0,18	0,18	0,30	0,74	0,52	—	—	—
Стиропол, $h=15$ мм	0,09	0,09	0,13	0,18	0,40	—	—	—
Эластичный открытопористый пенополивинилхлорид (ВТУ ВНИИСС № 31—63), $h=70$ мм	0,12	0,12	0,29	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Плиты перлитовые, $h=30$ мм	0,15	0,15	0,68	0,79	0,61	0,60	0,63	0,63
Плиты пемзолитовые, $h=50$ мм, $H=30$ мм	0,52	0,52	0,65	0,50	0,48	0,50	0,59	0,50

Если определенная в результате расчета величина $S_{обл}$ окажется больше той площади, которую можно облицевать в данном помещении, то применяют штучные поглотители (табл. 44). Необходимое количество штучных звукопоглотителей определяют по формуле

$$n = (\Delta A_{тр} - L_{обл} S_{обл})/A_{шт},$$

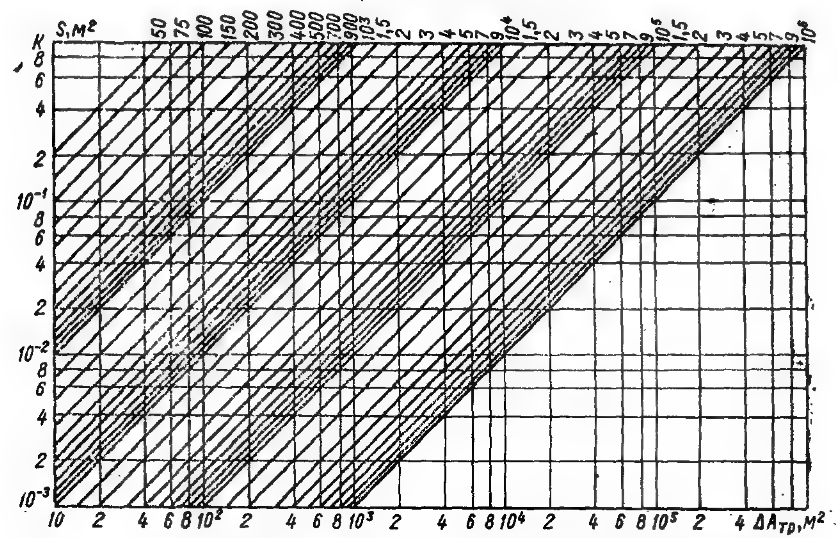


Рис. 21. Номограмма для определения $\Delta A_{тр}$ по известным коэффициенту K и площади поверхностей S.

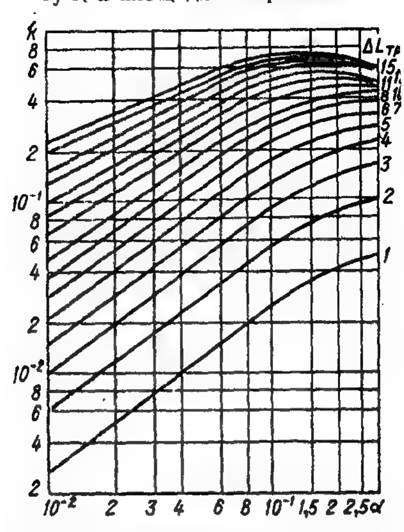


Рис. 22. Номограмма для определения коэффициента пропорциональности K по известным среднему коэффициенту звукопоглощения в необлицованном помещении α и требуемой величине снижения уровня звукового давления $\Delta L_{тр}$.

где $A_{шт}$ — эквивалентная площадь звукопоглощения выбранного штучного звукопоглотителя в данной октавной полосе частот, м² (величину выбирают наибольшей из полученных для каждой октавной полосы).

Экраны как средство борьбы с шумом следует применять для ИШ, имеющих преимущественно средне- и высокочастотный спектр шума, так как степень проникновения звуковых волн в область тени зависит от соотношения размеров и длины волны падающего звука. Чем больше отношение длины волны λ к размеру экрана a, тем меньше область звуковой тени за ним, т. е. тем меньше диапазон укрывающей способности.

Источник шума должен располагаться не выше центра симметрии экрана. Линейные размеры экрана выбираются так, чтобы границы проекции на него источника шума больших габаритов отстояли от края экрана не менее чем на длину волны нижней граничной частоты октавной полосы в исследуемом звуковом диапазоне.

Эффективность экрана определяется по формуле

$$\Delta L = 20 \lg (p/p_0),$$

44. Характеристики штучных поглотителей звука [5]

Конструкция	Исходный материал	Эквивалентные площади поглощения на один поглотитель, м²						
		Частоты, Гц						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
Куб со стороной a=400 мм из перфорированного пластика, диаметр перфорации 10 мм, шаг 16 мм, коэффициент перфорации 0,30. Заполнитель — материал АТМ-1 толщиной 40 мм. Масса поглотителя 1,7 кг. Расстояние между центрами поглотителей b = 2500 мм	Термоизоляционный материал АТМ-1-II-40 МРТУ-6 II—64 Слоистый пластик СТУ 30-14085—63	0,14	0,40	0,75	1,23	1,14	1,05	0,82
То же b = 1500 мм,	То же	0,08	0,23	0,55	1,03	0,97	0,86	0,75
a=320 мм		0,10	0,16	0,37	0,68	0,84	0,66	0,52
То же, масса 1,2 кг b = 2000 мм a=1000 мм		0,05	0,11	0,34	0,51	0,60	0,46	0,40
a=240 мм		0,03	0,09	0,15	0,29	0,39	0,37	0,30
То же масса 0,7 кг b = 1500 мм								
Куб со стороной a=500 мм из минераловатных плит, толщиной 20 мм на каркасе из фанеры. Масса 5,5 кг. Расстояние b = 2500 мм	Плиты минераловатные акустические ПА/С, ТУ 21-24-16—68	0,85	0,97	1,85	1,50	1,72	1,72	1,57
b = 1500 мм		0,66	0,75	1,40	1,26	1,57	1,53	1,47
Куб металлический перфорированный, a=300 мм, диаметр перфорации 8 мм, шаг 18 мм, изнутри подклеена стеклоткань типа Э-0,1, b = 1000 мм	Стеклоткань Э-0,1 ГОСТ 8481—61	—	—	0,55	0,26	0,22	0,26	0,16
Куб из фанеры a=320 мм, оклеен пенополиуретаном толщиной 20 мм, b = 1000 мм	Поропласт полиуретановый эластичный ТУ 35XII № 395—62	—	—	0,78	0,70	0,43	0,50	0,30
Конический поглотитель, диаметр основания D = 300 мм, высота H=250 мм, кожух металлический перфорированный, диаметр перфорации 10 мм, шаг 20 мм	Ультрасупертонкое стекловолокно СТУ 5707-3—65	—	—	0,10	0,28	0,26	0,24	0,21
Заполнитель стекловолокно, обернутое в стеклоткань типа Э-0,1. Масса поглотителя 0,7 кг, b = 1000 мм b = 500 мм	Стеклоткань Э-0,1 ГОСТ 8481—61	—	—	0,10	0,24	0,22	0,21	0,20
Конический поглотитель-кожух из винипластовой пленки, коэффициент перфорации — 0,38. Заполнитель — стекловолокно, b = 1000 мм	Ультрасупертонкое стекловолокно, СТУ 5707-3—65	—	—	0,10	0,17	0,27	0,26	0,27
b = 500 мм		—	—	0,10	0,14	0,24	0,22	0,17
Конический поглотитель-кожух алюминиевый, перфорированный, диаметр перфорации 10 мм, шаг 20 мм. Заполнитель — стекловолокно, b = 1000 мм	Ультрасупертонкое стекловолокно, СТУ 5707-3—65	—	—	0,42	0,29	0,25	0,20	0,10
Конический поглотитель-кожух из перфорированной жести, диаметр перфорации 10 мм, шаг 14 мм. Заполнитель — штапельное стекловолокно, b = 1000 мм	Штапельное стекловолокно МРТУ 6-11-14—64	—	—	0,45	0,46	0,56	0,80	0,76

где p — среднее квадратичное значение звукового давления в точке наблюдения при наличии экрана, Н/м²; p_0 — среднее квадратичное значение звукового давления в той же точке без экрана, Н/м².

Для точек, лежащих на оси симметрии экрана любой формы, эффективность его оценивается следующими формулами (в зоне максимальной эффективности):

для частот до 1000 Гц

$$\Delta L = -20\lg\frac{l_1 l_2}{r r_1} + 8{,}5\lg\left(\frac{f a_{мин}}{2c}\right) - 6,$$

для частот выше 1000 Гц

$$\Delta L = -20\lg\frac{l_1 l_2}{r r_1} + 26{,}5\lg\left(\frac{f a_{мин}}{2c}\right) - 18,$$

где $a_{мин}$ — минимальный размер экрана, м; f — частота, Гц; c — скорость звука, м/с; l_1 — расстояние от источника до экрана, м; l_2 — расстояние от экрана до точки приема, м; $r_1 = (l_1^2 + r_0^2)^{1/2}$; $r_2 = (l_2^2 + r_0^2)^{1/2}$; r_0 — радиус круга, эквивалентного по площади рассматриваемому экрану (рис. 23).

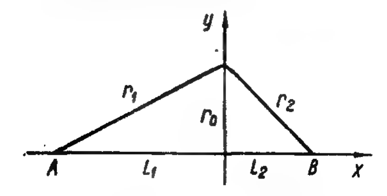


Рис. 23. Расчетная схема:
А — точка нахождения источника шума; *В* — точка приема; *У* — плоскость экрана.

Так, прямоугольный экран с линейными размерами $a_{мин}$ и $a_{макс}$ должен удовлетворять требованию

$$r_0 = \left(\frac{a_{мин} a_{макс}}{\pi}\right)^{1/2}.$$

Эффективность экрана имеет максимальную область, интервал которой отмечается на расстоянии от 0,3 до 0,7 $a_{мин}/2$ от оси экрана. Защищаемая зона должна иметь протяженность не более четырех минимальных размеров экрана, устанавливаемого в производственном помещении.

Наиболее эффективны выпуклые и П-образные экраны. Увеличение эффективности за счет выпуклости подсчитывается по формуле

$$\Delta L_{вып} = 10\lg(1/(1-\cos\beta)),$$

где β — угол раскрытия, который образуется между осью симметрии экрана и его кромками.

Увеличение эффективности экрана за счет его выпуклости при углах раскрытия 60, 50, 40, 0, 25, 20° соответственно будет: 3; 4,5; 5,2; 8,9; 10 и 12 дБ. Тогда эффективность выпуклого экрана $\Delta L_{\Sigma} = \Delta L + \Delta L_{вып}$.

Расчет экрана по этим формулам проводится для зоны, расположенной в ближнем поле за экраном. Для рабочих мест, находящихся в дальней зоне, т. е. в поле отраженных волн, целесообразно применять акустические экраны в комплексе со звукопоглощающей облицовкой потолка. При высоте помещения более 6—7 м целесообразно вместо облицовки потолка применять штучные поглотители или профильные акустические балки, которые обеспечивают более высокие коэффициенты звукопоглощения. Если звукозащитный экран изготовлен из стали, то для увеличения эффективности две его стороны следует облицевать звукопоглощающим материалом. Это увеличивает эффективность на 4—6 дБ.

Для борьбы с вентиляционным шумом рекомендуют применять малошумные вентиляторы; обеспечивать номинальный режим работы вентилятора; устранять неплотности между обшивкой и каркасом (устранять подсосы); устанавливать на входе вентилятора коллектор (обеспечивать равномерный подток воздуха) и облицовывать внутренние поверхности обшивки звукопоглощающими материалами. Коллекторы снижают вентиляционный шум примерно на 10 дБ.

Борьба с аэродинамическим шумом в источнике его возникновения представляет большие трудности, поэтому снижение уровня шума достигается на пути распространения звука при помощи различных глушителей. Выбор типа глушителя определяется необходимым уровнем снижения шума, его спектром, мощностью источника и др.

Глушители разделяются на абсорбционные, реактивные (рефлексные) и комбинированные. В абсорбционных глушителях затухание шума происходит в порах звукопоглощающего материала. Реактивные глушители шума выполняются в виде соединенных между собой камер, имеют расширения и сужения, резонансные углубления и т. п. Принцип их работы основан на эффекте отражения звука в результате образования «волновой пробки» в элементах глушителя и резонансного поглощения звука. В комбинированных глушителях происходит как поглощение, так и отражение звука. Методы расчета и проектирования глушителей приведены в СНиП II-12—77.

Интересным и принципиально новым методом снижения шума является метод, связанный с созданием «антизвука», т. е. созданием равного по величине и противоположного по фазе звука. В результате интерференции основного звука и «антизвука» в некоторых местах шумного помещения можно создать зоны тишины. В месте, где необходимо уменьшить шум, устанавливается микрофон, сигнал от которого усиливается и излучается определенным образом расположенными динамиками. Уже разработан комплекс электроакустических приборов для интерференционного подавления шума.

Применение средств индивидуальной защиты от шума целесообразно в тех случаях, когда средства коллективной защиты и другие средства не обеспечивают снижение шума до допустимых уровней. Средства индивидуальной защиты позволяют снизить уровень воспринимаемого звука на 7...38 дБ. Они подразделяются на противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; вкладыши в виде мягких тампонов из ультратонкого волокна («беруши»), эбонита, резины вставляются в слуховой канал; шлемы и каски; противошумные костюмы [2; 6].

Основные характеристики выпускаемых отечественной промышленностью СИЗ приведены в табл. 45, а их усредненная эффективность в табл. 46.

45. Характеристика СИЗ

Вид СИЗ	Назначение	Уровень шума, дБ	Масса, кг
Противошумные наушники: ВЦНИИОТ-2М	Для защиты от средне- и высокочастотного шума	120	0,18
ВЦНИИОТ-4А	Для защиты от высокочастотного шума	105—110	0,07
ВЦНИИОТ-А1	То же	115	0,175
ВЦНИИОТ-1	»	110	0,12
ВЦНИИОТ-7И	»	115	0,28
ПШ-00	»	—	0,18
Каска ВЦНИИОТ-2	Для защиты головы от травм и поражения электрическим током, защита от средне- и высокочастотного шума	120	0,60
Противошумные наушники с креплением на защитную каску «Салво»	То же	115	—
Противошумные заглушки (вкладыши) «Антифоны»	Для защиты от высокочастотного шума	105	0,002
Противошумные вкладыши «беруши»	Для защиты от средне- и высокочастотного шума	105	0,0004
«Грибок» и «Лепесток»	То же	105	0,0015

46. Эффективность СИЗ, дБ

СИЗ	Частота, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Наушники: ВЦНИИОТ-2М	7	11	14	22	35	45	38
ВЦНИИОТ-4А	2	4	5	16	25	36	28
ВЦНИИОТ-А1	10	14	16	17	36	36	34
ВЦНИИОТ-1	3	4	7	13	23	36	33
ВЦНИИОТ-7И	10	16	18	22	36	40	32
ПШ-00	4	8	10	15	20	20	27
Противошумная каска ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	35	45	38
То же с креплением на защитную каску «Салво»	5	7	15	19	25	33	32
Заглушки (вкладыши) «Антифоны»	10	10	10	13	24	29	25
«Беруши»	15	18	18	24	26	26	31
Вкладыши «Грибок» и «Лепесток»	10	17	18	25	26	31	30

7.2. Защита от производственных вибраций

Вибрацией называют любые механические колебания упругих тел, проявляющиеся в их перемещении в пространстве или в изменении их формы. Колебания тел с частотой ниже 16 Гц воспринимаются организмом как вибрация, а колебания с частотой 16...20 Гц и более — одновременно как вибрация и как звук. Источниками вибраций являются различные технологические процессы, станки, установки, вибростенды, механизмы, машины (электродвигатели, вентиляторы, трансформаторы, насосы, компрессоры, вибромельницы и др.) и их рабочие органы. В одних случаях причиной возбуждения вибраций является возвратно-поступательные движения системы, в других случаях — неуравновешенные вращающиеся массы, в третьих случаях — удары деталей.

В зависимости от воздействия на человека вибрация делится на общую и локальную.

Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и вызывает сотрясение всего организма, местная (локальная) — вовлекает в колебательные движения лишь отдельные части тела (руки, ноги).

Основными гигиеническими характеристиками вибрации, определяющими ее воздействие на человека, являются среднеквадратичные значения виброскорости v, м/с, или ее логарифмические уровни, дБ, в октавных полосах частот.

Логарифмические уровни виброскорости, дБ, определяются по формуле

$$L_v = 20 \lg v/5 \cdot 10^{-8},$$

где v — среднеквадратичное значение виброскорости, м/с; $5 \cdot 10^{-8}$ — опорная виброскорость, м/с.

Человек начинает ощущать вибрацию при колебательной скорости $1 \cdot 10^{-4}$ м/с, а при скорости 1 м/с и при определенных частотах эти вибрации вызывают страх, боль, гнев или растерянность. Влияние вибрации на человека зависит и от направления ее действия — вертикального и горизонтального. Весьма опасными являются колебания рабочих мест, имеющие частоту, резонансную с колебаниями отдельных органов или частей тела человека. Так, весь организм и большинство внутренних органов резонируют при действии колебаний с частотой 6...9 Гц, голова — 17...25 Гц, для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеется два резонансных пика: на частотах 5...12 и 17...25 Гц, для сидящего — на частотах 4...6 Гц. Системати-

ческое воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и может стать причиной вибрационной болезни. Общая вибрация воздействует на нервную систему, сердечно-сосудистую систему, наступают изменения в вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ, возникают головные боли, нарушается сон, понижается работоспособность, ухудшается самочувствие. Локальная вибрация вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений. Спазмы сосудов начинаются с концевых фаланг пальцев и распространяются на всю кисть, предплечье и сосуды сердца. При совместном воздействии наблюдаются еще вегетативно-сосудистые, вестибулярные и другие расстройства.

Виброболезнь относится к группе профзаболеваний. С целью исключения возможности возникновения вибрационной болезни ограничивают параметры вибрации рабочих мест и поверхности контакта с руками работающих в соответствии с ГОСТ 12.1.012—78. Стандарт рекомендует гигиеническую оценку вибрации проводить одним из следующих методов: частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра; интегральной оценкой на частоте нормируемого параметра; дозой вибрации.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости v и их логарифмические уровни L_v или виброускорения a для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации — в октавных или 1/3 октавных полосах частот.

При интегральной оценке на частоте нормируемым параметром является корректированное значение контролируемого параметра вибрации u, вычисляемое по формуле

$$u = \sqrt{\sum_{1}^{n} u_i^2 k_i^2},$$

где u_i — среднее квадратичное значение виброскорости или виброускорения в i-й частотной полосе; n — число частотных полос в нормируемом частотном диапазоне; k_i — весовой коэффициент для i-й частотной полосы, определяемый ГОСТ 12.1.012—78.

При оценке вибрации с помощью ее дозы нормируемым параметром является эквивалентное корректированное значение, определяемое по формуле

$$u_{экв} = \sqrt{D/t},$$

где D — доза вибрации, определяемая по формуле

$$D = \int_0^t u_\tau^2 d\tau,$$

где u_t — мгновенное корректированное значение параметра вибрации в момент времени τ, получаемое с помощью корректирующего фильтра с характеристикой в соответствии со стандартом; t — время действия вибрации за рабочую смену.

В табл. 47 приведены допустимые значения нормируемых параметров вибрации на постоянных рабочих местах в производственных помещениях (частотный метод гигиенической оценки) для длительности воздействия 480 мин (8 ч). При меньшей длительности воздействия зависимость допустимых значений v_t от времени фактического действия вибрации t имеет вид

$$v_t = v_{480} \sqrt{480/t},$$

где v_{480} — допустимое значение нормируемого параметра для длительности воздействия вибрации 480 мин.

Максимальное значение v_t не должно превышать значений, определяемых для общей вибрации для t = 10 мин; локальной вибрации — для t = 30 мин.

Методы и средства виброзащиты, приведенные в ГОСТ 12.4.046—78, подразделяются на коллективные и индивидуальные.

47. Допустимые уровни вибрации на постоянных рабочих местах

Вид вибрации	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая вибрация:										
на постоянных рабочих местах в производственных помещениях	1,3*/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92	0,2/92	—	—	—	—
в производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрации	0,5/100	0,18/91	0,089/85	0,079/84	0,079/84	0,079/84	—	—	—	—
в помещениях для работников умственного труда (КБ, лаборатории и др.)	0,18/91	0,0063/82	0,032/76	0,028/75	0,028/75	0,028/75	—	—	—	—
Локальная вибрация	—	—	2,8/115	1,4/109	1,4/109	1,4/109	1,4/109	1,4/109	1,4/108	1,4/109

* В числителе среднеквадратичные значения вибрации, м/с · 10^{-2}, в знаменателе — логарифмические уровни вибрации, дБ.

Основными методами коллективной виброзащиты являются снижение вибраций воздействием на источник возбуждения; отстройка от режима резонанса; вибродемпфирование; динамическое гашение колебаний и изменение конструктивных элементов установок и строительных конструкций.

Борьба с вибрацией воздействием на источник возбуждения заключается в выборе таких кинематических и технологических схем, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями, были бы исключены или предельно снижены. Это достигается заменой кулачковых и кривошипных механизмов механизмами с гидроприводами, штамповки — прессованием и т. д.

Отстройка от режима резонанса достигается за счет отстройки собственных частот установки или ее отдельных узлов и деталей от частоты вынуждающей силы либо изменения массы или жесткости установки, либо установки нового рабочего режима.

48. Характеристика вибропоглощающих

Материал	ГОСТ или ТУ	Частотный диапазон применения, Гц	Эксплуатационный диапазон температур, °С	Плотность, г/см³
«Агат»	ТУ 6-05-964—72	50—10000	—20...+100	1,33+1,43
«Борт»	—	50—10000	—40...+60	1,15+1,25
«Антивибрит»	—	50—10000	—20...+100	1,15+1,25
«Антивибрит-3»	ТУ 6-05-211-768—71	50—10000	—20...+150	1,4+1,45
Мастика № 579	—	50—10000	—20...+150	1,4+1,45
Мастика ВД-17	—	50—10000	—20...+150	
Мастика ШВИМ-18	—	50—10000	—20...+150	

Вибродемпфирование — это процесс уменьшения уровня вибраций установки путем превращения энергии механических колебаний в тепловую энергию и достигается за счет использования конструкционных материалов с большим внутренним трением (пластмасс, резины), нанесением на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов (твердой или мягкой пластмассы, пеноэласта, винипора, пенопласта, рубероида, изола, битумизированного войлока, стеклоизола, гидроизола и покрытия на основе алюминия, меди, свинца, олова) или мастичных покрытий, представляющих смесь синтетических смол и наполнителей. Область применения вибропоглощающего покрытия определяется интервалом частот и температур (табл. 48).

Динамическое гашение вибрации осуществляется чаще всего путем размещения установок на фундаменты, массу которых определяют из расчета, чтобы амплитуда колебаний не превышала 0,1 — 0,2 мм, а для особо ответственных сооружений — 0,005 мм. Для небольших установок между основанием и установкой сооружают массивную опорную плиту.

Виброизоляция — это уменьшение передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. В качестве таких устройств могут быть виброизоляторы (пружинные, резиновые, комбинированные и др.), гибкие вставки в коммуникациях воздуховодов и в местах их прохождения через строительные конструкции, упругие прокладки в узлах крепления воздуховодов, «плавающие» полы (настил пола отделяется от перекрытия упругими прокладками) и др. Более эффективными являются системы виброизоляции, в которых применяются различные виды силовых приводов: гидравлические, пневматические или электромагнитные системы.

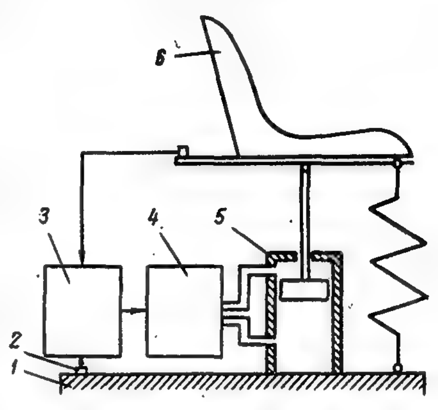


Рис. 24. Система виброизоляции оператора.

На рис. 24 представлена схема электрогидравлической системы виброизоляции оператора. Между вибрирующим основанием *1* и креслом оператора *6* устанавливается управляемый гидроцилиндр с поршнем *5*. Перепад давлений в рабочих полостях цилиндра регулируется сервомеханизмом *4*, который управляется электроаналоговым устройством *3* по сигналам, поступающим с датчиков *2*, регистрирующих колебания основания и кресла оператора.

Для снижения вибраций на путях ее распространения конструктивные элементы установок, приборов, аппаратов и строительных конструкций изменяются за счет введения ребер жесткости.

Средства индивидуальной виброзащиты подразделяются на СИЗ для рук, ног и тела оператора. В качестве СИЗ для рук применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки (ГОСТ 12.4.002—74). Виброзащитная обувь согласно ГОСТ 12.4.024—76 изготавливается в виде сапог, полусапог и полуботинок с упругодемпфирующим

покрытий

Область применения	Способ нанесения
Воздуховоды, перегородки, кожухи	Приклеивается клеем ПН-3
То же	То же
»	Методом шпателирования, шприцевания
»	То же
»	
Воздуховоды, перегородки, кожухи	Методом шпателирования, шприцевания
То же	То же

низом обуви. Средства защиты для тела подразделяются на нагрудники, пояса, специальные костюмы, изготовленные из упругодемпфирующих материалов.

В целях профилактики вибрационной болезни рекомендуется специальный режим труда и отдыха. Общее время контакта с вибрирующими установками, отвечающими требованиям санитарных норм, не должно превышать 2/3 длительности рабочей смены, а непрерывная продолжительность одноразового воздействия, включая и микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать 15—20 мин.

Вибрацию измеряют в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.034—81 СТ СЭВ 1931—79) «Вибрация. Общие требования к проведению измерений».

7.3. Защита от ультразвука

Ультразвук представляет собой волновое колебание упругой среды с частотой свыше 20 кГц. Ультразвук характеризуется ультразвуковыми давлением (Па), интенсивностью (Вт/м^2) и частотой колебания. Согласно ГОСТ 12.1.001—83 ультразвуковой диапазон частот подразделяется на низкочастотные колебания (от 1,12 $\cdot$ 10^4 до 1,0 $\cdot$ 10^5 Гц), распространяющиеся воздушным и контактным путем, и высокочастотные колебания (от 1,0 $\cdot$ 10^5 до 1,0 $\times$ $\times$ 10^9 Гц), распространяющиеся только контактным путем.

Низкочастотный ультразвук хорошо распространяется в воздухе, а высокочастотный практически не распространяется, зато в упругих средах (воде, металле и др.) ультразвук распространяется без потерь на большие расстояния.

Биологическое воздействие ультразвука на организм зависит от длительноти воздействия, интенсивности, частоты и характера УЗК. У работающих с ультразвуковыми установками нередко наблюдаются нарушения нервной и сердечно-сосудистой систем, изменение давления, состава и свойств крови, слухового и вестибулярного аппарата и т. п. Часты жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности.

Основными регламентирующими документами являются «Санитарные нормы и правила при работе на промышленных ультразвуковых установках», ГОСТ 12.1.001—83 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.2.051—80 «ССБТ. Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности».

Согласно ГОСТ 12.1.001—83 характеристикой УЗК, создаваемого колебаниями воздушной среды в рабочей зоне, являются уровни звуковых частот. Допустимые уровни звукового давления приведены ниже:

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	*Уровень звукового давления, дБ*
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5 — 100,0	110

Характеристикой высокочастотного УЗК, передаваемого контактным путем, является пиковое значение виброскорости (м/с) в частотном диапазоне от 1 $\cdot$ 10^5 до 1 $\cdot$ 10^9 Гц или его логарифмический уровень (дБ), определяемый по формуле

$$L_v = 20 \lg (v/v_0),$$

где v — пиковое значение виброскорости, м/с; v_0— опорное значение виброскорости, равное 5 $\cdot$ 10^{-8} м/с.

Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами установок и приборов не должны превышать 110 дБ.

Уровни звукового давления нужно контролировать после монтажа установки, ремонта и периодически в процессе эксплуатации не реже одного раза

в год. При определении ультразвуковой характеристики измерения проводят не менее чем в 4 контрольных точках на высоте 1,5 м от пола, на расстоянии 0,5 м от контура установок и не менее 2 м от окружающих поверхностей. Расстояние между точками измерения не должно превышать 1 м. Измерение уровней звукового давления, распространяющегося в воздушной среде, проводят согласно ГОСТ 12.4.077—79.

Существует несколько способов снижения уровня звукового давления УЗК: снижение ультразвука в источнике, звукопоглощение и звукоизоляция. Наиболее эффективное средство — звукоизоляция. Хорошие звукоизолирующие свойства имеют металлические кожухи из листов стали толщиной 1,5—2 мм, покрытые резиной толщиной до 1 мм. Применяют различные материалы, пористую резину, поролон и органическое стекло.

Непосредственный контакт рабочих с источниками УЗК можно устранить следующими методами: механизацией и автоматизацией процессов при пайке, очистке и обезжиривании деталей и т. д.; применением автоблокировки, т. е. автоматического отключения установок при выполнении вспомогательных операций (загрузка и выгрузка продукции и т. д.); применением приспособлений для фиксации положения источника УЗК или обрабатываемой детали; применением индивидуальных средств защиты в виде двойных перчаток (хлопчатобумажных и резиновых), отражающих УЗК слоем воздуха, противошумов по ГОСТ 12.4.051—78 (при защите от УЗК, распространяющегося в воздушной среде); оклеиванием призматических и плоских щупов виброизолирующими материалами (резиной толщиной 1 мм) в местах соприкосновения пальцев рук оператора с источником ультразвука.

Зоны с уровнями УЗК, превышающими предельно допустимые, должны быть обозначены предупреждающими знаком «Осторожно! Прочие опасности» по ГОСТ 12.4.026—76.

7.4. Защита от инфразвука

Инфразвук представляет собой волновое колебание упругой среды с частотой менее 20 Гц и также характеризуется инфразвуковым давлением (Па), интенсивностью (Вт/м^2), частотой колебаний (Гц). В производственных условиях основными источниками инфразвука (ИЗ) являются двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели, вентиляторы, компрессоры, двигатели катеров, сталеплавильные печи, автомобили, дизельные установки, машины и механизмы, совершающие возвратно-поступательное или вращательное движение с повторением цикла менее чем 20 раз в секунду.

Инфразвук характеризуется высокой проникающей и биологической способностью. Он может оказать сильное воздействие как на состояние, так и на поведение людей (легкая тошнота, ощущение вращения, непроизвольное вращение глазных яблок и чувство неудобства) и является потенциально опасным для здоровья человека. При воздействии ИЗ стенка брюшного пресса входит в резонанс на частоте 3—5 Гц, грудная клетка — 40 Гц. Инфразвук вызывает усиленные колебания внутренних органов человека, затрудненное дыхание, изменение ритма сердечных сокращений, общее недомогание, сдвиг порога слышимости на высоких частотах, утомление, головную боль, вестибулярные нарушения и т. д.

При интенсивности инфразвука $\geqslant$ 180 дБ происходит разрушение легочных альвеол, что ведет к смерти. Звук ракет 140—155 дБ люди переносят не более 3 мин. Самолеты, автомашины, морские и речные транспортные средства 120—140 дБ вызывают усталость, притупленность внимания.

Особенно неблагоприятные последствия вызывает ИЗ с частотой 2... 15 Гц, так как возможно его совпадение с альфа-ритмом биотоков мозга. В связи с возникновением резонансных явлений в организме человека наиболее опасна частота 7 Гц.

В соответствии с СН 22-74—80 уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц должны быть не более 105 дБ, а на частоте 32 Гц не более 102 дБ.

Снижение интенсивности инфразвука может быть достигнуто различными способами: изменением режима работы устройства (увеличением быстроходности), его конструкции, звукоизоляцией источника, поглощением звуковой

энергии, при помощи глушителей шума (интерферационного, камерного или резонансного типов), а также механического преобразователя частоты.

Что касается одного из главных направлений по защите от вредного воздействия излучений — защиты расстоянием,— то в данном случае этот принцип практически неприменим. Это связано с малым затуханием инфразвука при его распространении в воздушной среде.

Бороться с инфразвуком в источнике его возникновения следует прежде всего увеличением быстроходности технологического оборудования, а также снижением интенсивности аэродинамических процессов, скорости истечения в атмосферу рабочих тел.

Список литературы

1. **Алексеев С. П., Козаков А. М., Колотилов Н. Н.** Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении.— М.: Машиностроение, 1970.— 318 с.
2. **Борьба** с шумом на производстве: Справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др.; Под ред. Е. Я. Юдина.— М.: Машиностроение, 1985.— 400 с.
3. **Охрана** труда в машиностроении / Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова.— М.: Машиностроение, 1983.— 432 с.
4. **Санитарные** нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. № 3223—85. Утверждены 12 марта 1985 г. Главным государственным санитарным врачом СССР. М.: Минздрав, 1985.— 14 с.
5. **Снижение** шума производственного оборудования (Указания и рекомендации).— Тамбов: ВНИИ резинотехнического машиностроения— 1980.— 84 с.
6. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.— 176 с.

Глава 8

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

8.1. Защита от постоянных электрических и магнитных полей и полей промышленной частоты

В настоящее время в промышленности и научных учреждениях находят применение различные детали и электро-радиотехнические устройства, различные установки, а также электрические сети, которые являются источниками постоянных и переменных электрических и магнитных полей частотой 50 Гц.

Находясь вблизи установок, устройств и приборов, являющихся источниками электрических и магнитных полей, человек подвергается их воздействию, степень вредности этих полей на организм определяется интенсивностью облучения и особенностью биологической реакции организма на эти поля. Воздействие полей может распространяться на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, что приводит к снижению частоты сердечных сокращений (брадикардия), систолического давления, к нарушению состава периферической крови, изменению артериального давления и пульса, возникновению болей в области сердца, сердцебиению, аритмии, к различным морфологическим изменениям, изменениям в печени, легких, почках и поджелудочной железе. Имеет место расстройство генодинамики в большинстве внутренних органов, свидетельствующее о гибели элементов крови, воздействие на кожу. Под воздействием магнитных полей частотой 50 Гц возникает «магнитный фосфен» (ощущение мелькания), возрастает время неясного видения. Переменные поля промышленной частоты биологически более активны, чем постоянные.

Для предупреждения профессиональных заболеваний установлены предельно допустимые напряженности электрических и магнитных полей на рабочем месте персонала.

Предельно допустимая напряженность постоянного электрического (электростатического) поля $E_{доп}$, кВ/м, определяется в зависимости от длительности облучения t, ч, согласно «Санитарно-гигиеническим нормам допустимой напряженности электростатического поля» № 1757—77; $E_{доп} = 60/\sqrt{t}$, а допустимая напряженность электрического поля, кВ/м, промышленной частоты в соответствии с ГОСТ 12.1.002—84 $E_{доп} = 50/(t+2)$ с учетом исключения воздействия на организм человека электрических разрядов. При напряженности 5 кВ/м время пребывания в этой зоне не ограничивается.

Согласно «Предельно допустимым уровням воздействия постоянных магнитных полей при работе с магнитными устройствами и магнитными материалами» № 1742—77 напряженность постоянного поля на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м, а магнитных полей промышленной частоты принимается в зависимости от длительности импульса $\tau_и$, длительности паузы между импульсами $t_п$ и общего времени воздействия в течение рабочего дня T по табл. 49 [9].

49. Предельно допустимая напряженность магнитных полей с частотой 50 Гц (амплитудные значения), кА/м

Время воздействия T, ч	Непрерывные и прерывистые магнитные поля $\tau_и \geqslant 0{,}02с$, $t_п \leqslant 2с$	Прерывистые магнитные поля	
		$60 \geqslant \tau_и < 1с$; $t_п > 2с$	$0{,}02 \leqslant \tau_и < 1с$
До 1,0	6,0	8,0	10
1,5	5,5	7,5	9,5
2,0	4,9	6,9	8,9
2,5	4,5	6,5	8,5
3,0	4,0	6,0	8,0
3,5	3,6	5,6	7,6
4,0	3,2	5,2	7,2
4,5	2,9	4,9	6,9
5,0	2,5	4,5	6,5
5,5	2,3	4,3	6,3
6,0	2,0	4,0	6,0
6,5	1,8	3,8	5,8
7,0	1,6	3,6	5,6
7,5	1,5	3,5	5,5
8,0	1,4	3,4	5,4

В случае, если напряженность поля превышает допустимые значения или продолжительность пребывания человека в электрическом или магнитном поле не соответствует допустимым значениям, должны применяться определенные методы и средства защиты в зависимости от характера и местонахождения источников полей и условий облучения персонала: защита временем, защита расстоянием, выбор оптимальных геометрических параметров установок, воздушных линий (ВЛ) и ОРУ (открытых распределительных устройств), стационарные и переносные экранирующие устройства (экраны), специальные средства индивидуальной защиты.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в зоне действия полей. Допустимое время облучения человека $t_{доп}$, ч, рассчитывается по формуле

для постоянного электрического поля

$$t_{доп} = (60/E_ф)^2,$$

где $E_ф$ — фактическая напряженность электрического поля в рабочей зоне, кВ/м;

для переменного электрического поля промышленной частоты напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м включительно

$$t_{доп} = 50/E_ф - 2.$$

При напряженности поля свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания не должно превышать 10 мин. При защите временем предусматривается исключение возможности воздействия на персонал электрических разрядов. Допустимое время пребывания в электрическом поле может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время необходимо использовать средства защиты или находиться в электрическом поле $E \leqslant 5$ кВ/м.

Допустимое время для магнитного поля промышленной частоты определяют по табл. 49.

Защита расстоянием — это размещение рабочих зон (пультов управления) на такие расстояния от источников полей, на которых напряженность не превышает допустимых значений. Эти расстояния определяются расчетом и проверяются инструментально на каждом рабочем месте, а для ВЛ устанавливаются санитарными нормами и правилами от оси проектируемых ВЛ в зависимости от напряжения.

Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок в отдельных случаях предусматривают комбинирование защиты временем и расстоянием одновременно.

Выбор оптимальных геометрических параметров осуществляется с учетом того, что величины потенциалов и напряженности поля зависят от конструктивных параметров установок, проводов ВЛ и шин ОРУ. Путем оптимального выбора этих параметров можно значительно снизить потенциалы и напряженность электрического и магнитного полей.

Экранирующие устройства (экраны) для защиты от электрических полей выполняются, как правило, из металлических сеток, располагаемых между экранируемым пространством и источником электрического поля. Для защиты от магнитных полей применяют экраны из электротехнической (трансформаторной) стали или пермаллой. Толщина стенки цилиндрического экрана для защиты от магнитных полей, м, определяется по формуле

$$б = r\left(\frac{1}{\sqrt{1 - 4/\mu\,(Э - 1)} - 1}\right);$$

шарообразного экрана

$$б = r\left(\frac{1}{\sqrt[3]{1 - 9/2\mu\,(Э - 1)} - 1}\right),$$

где r — внутренний радиус экрана, м; μ — начальная магнитная проницаемость экрана; $Э = H_ф/H_{доп}$ — требуемая эффективность экранирования; $H_ф$ — фактическая напряженность магнитного поля на рабочем месте, А/м; $H_{доп}$ — допустимая напряженность магнитного поля, А/м.

Экранирующая одежда применяется, когда другие методы и средства защиты от полей невозможны. В комплект СИЗ от электрических полей входит костюм, головной убор, рукавицы и специальная обувь. Костюм изготовляют из специальной металлизированной токопроводящей ткани в виде комбинезона, куртки с брюками или плаща. Головной убор — металлическая или пластмассовая металлизированная каска или капюшон из токопроводящей ткани. Обувь — кожаные ботинки с подошвой из электропроводящей резины или ботинки, сапоги, галоши, выполненные из резины, при этом сопротивление подошвы обуви не должно превышать 50 кОм. Все предметы экранирующей одежды должны иметь между собой надежную электрическую связь. В качестве СИЗ (наиболее уязвимых органов человека) от магнитных полей используют шапочку и короткую юбку из пермаллоя марок 79 НМ, 79 НМ-У, 80 НХС, 76 НХД. Все накопленные к настоящему времени сведения по способам защиты от статического электричества обобщены в «Правилах защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической

и нефтеперерабатывающей промышленности» и ГОСТ 12.4.124—83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

По принципу действия средства коллективной защиты от статического электричества подразделяются на заземляющие устройства, антиэлектростатические вещества, увлажняющие устройства, нейтрализаторы, экранирующие материалы (ГОСТ 12.4.124—83).

Заземление оборудования устраняет возможность накопления зарядов на проводниках и в некоторых случаях способствует процессу релаксации заряда с поверхности диэлектрика в землю. Величина сопротивления заземляющего устройства, предназначенного только для защиты от статического электричества, не должна превышать 100 Ом.

Заземлять следует не только те части оборудования, которые участвуют в генерировании зарядов, но и все другие изолированные проводники, которые могут зарядиться от индукции. Оборудование считается электрическим заземленным, если сопротивление в любой его точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 10^7 Ом. Заземление диэлектрического оборудования может быть осуществлено нанесением на его поверхность проводящих покрытий (пленок).

Для отвода в землю зарядов статического электричества с человека применяется антистатическая обувь с электропроводящей подошвой, антистатическая спецодежда, антистатический браслет и предусматривается устройство электропроводящих полов. Электрическое сопротивление между токопроводящими элементами антистатической спецодежды должно быть от 10^6 до 10^8 Ом.

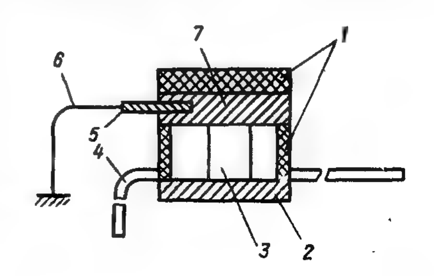


Рис. 25. Антистатический браслет.

Обувь считается электропроводящей, если электрическое сопротивление между подпятником и ходовой стороной подошвы не превышает 10^8 Ом. Такой является обувь на кожаной подошве, обувь из токопроводящей резины или обувь, пробитая токопроводящими и не искрящими при ударах и трении заклепками. Покрытие пола считается электропроводящим, если удельное электрическое сопротивление утечки между установленным на полу электродом и землей не превышает 10^4 Ом · м. Проводящими покрытиями являются специальный бетон и пенобетон, настил из резины с пониженным сопротивлением, специальные плиты, наливные полы и др.

Антистатический браслет (рис. 25) состоит из корпуса *1*, выполненного из изоляционного материала, металлического основания *2* и верхнего металлического электрода *7*. Между металлическим основанием и электродом расположено нелинейное сопротивление *3*. При помощи разъемного штыря *5* и гибкого проводника *6* браслет заземляется. Он надевается на запястье руки при помощи ремня *4*. Конструкция нелинейного сопротивления подобрана таким образом, что при напряжении на теле защищаемого человека до 1 кВ сопротивление имеет величину порядка 3—4 МОм. Электрические заряды в этом случае не стекают по созданной браслетом цепи. При достижении потенциала до 2 кВ его сопротивление резко уменьшается и электростатические заряды полностью стекают на землю. При этом ток, проходящий через человека, не превышает предельно допустимых значений.

Эффективным способом устранения опасной электризации является антистатическая обработка, вызывающая увеличение объемной или поверхностной проводимости вещества. Наиболее просто это достигается увлажнением поверхности материалов, причем гидрофильные материалы сами адсорбируют влагу, а в гидрофобные полимеры вводят внутрь или наносят на их поверхность различные антиэлектростатические вещества, способствующие адсорбции влаги и повышению тем самым поверхностной проводимости.

Объемную электропроводность веществ можно увеличить путем введения в них антиэлектростатических присадок. Этот способ нашел наибольшее

распространение при получении и использовании нефтепродуктов. Вводимые в тысячных, десятитысячных долях процента, такие присадки способны на несколько порядков снизить удельное электростатическое сопротивление нефтепродукта. В качестве присадок применяют олеат и диолеат хрома, хромистые соли синтетических жирных кислот и некоторые другие вещества.

Антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение удельного объемного электрического сопротивления материала до величины 10^7 Ом · м, а удельного поверхностного электрического сопротивления — до 10^9 Ом · м.

В производственных условиях широко применяются нейтрализаторы статического электричества, способствующие увеличению электропроводности воздуха путем его ионизации. Наибольшее распространение получили индукционные, высоковольтные и радиоактивные нейтрализаторы. Существуют также лучевые и аэродинамические нейтрализаторы.

8.2. Защита от излучений радиочастотного диапазона

К электромагнитным излучениям (ЭМИ) радиочастотного диапазона относят излучения с частотой от 3 Гц до 300 ГГц.

Источниками ЭМИ являются различные установки — от мощных телевизионных, радиовещательных станций, промышленных установок высокочастотного нагрева до измерительных, контрольных и лабораторных приборов различного назначения. Электромагнитная энергия (ЭМЭ) излучается через неэкранированные смотровые окна, отверстия, жалюзи, щели и неплотности кожухов приборов и установок, а также через отверстия, через которые проходят оси органов управления.

Биологическое действие ЭМЭ зависит от частоты и интенсивности излучений, длительности и условий облучения. Различают термическое (тепловое) воздействие, морфологические и функциональные изменения. Первичным проявлением действия ЭМЭ на организм человека является нагрев тканей и органов, который приводит к изменениям и даже повреждениям их. Тепловое воздействие характеризуется общим повышением температуры тела, подобным лихорадочному состоянию, либо локализованным нагревом тканей. Нагрев особенно опасен для органов со слабой терморегуляцией (мозг, глаз, хрусталик, органы кишечного и мочеполового тракта). Электромагнитная энергия с длиной волны 1—20 см оказывает вредное воздействие на глаза, вызывая катаракту (помутнение хрусталика), потерю зрения.

Морфологические изменения — изменения строения и внешнего вида тканей и органов тела человека (ожоги, омертвление, кровоизлияния, изменения структуры клеток и т. п.) — наблюдаются в тканях, периферической и центральной нервной системе, сердечно-сосудистой системе, вызывая нарушение регуляторных функций, нервных связей в организме, изменяется структура самих нервных клеток, понижается кровяное давление (гипотония), замедляется ритм сокращений сердца (брадикардия) и т. д.

Функциональные изменения проявляются в головной боли, нарушении сна, повышенной утомляемости, раздражительности, потливости, выпадении волос, болях в области сердца, понижении половой потенции и т. д.

Принцип нормирования ЭМИ радиочастотного диапазона зависит от частоты. В соответствии с ГОСТ 12.1.006—84 в диапазоне частот 60 кГц... 300 МГц нормируются напряженность электрической E и магнитной H составляющих ЭМИ, а в диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц — поверхностная плотность потока энергии (ППЭ).

Предельно допустимые значения E и H на рабочих местах определяют исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия T по формулам

$$E_{пд} = \sqrt{\frac{ЭН_{Eпд}}{T}}; \qquad H_{пд} = \sqrt{ЭН_{Hпд}/T},$$

где $E_{пд}$ и $H_{пд}$ — предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, полей, их значения не должны превышать ве-

личин, указанных в табл. 50; $ЭН_{E_{пд}}$ и $ЭН_{H_{пд}}$ — предельно допустимые значения энергетической нагрузки на организм в течение рабочего дня, соответственно $(В/м)^2 \cdot ч$ и $(А/м)^2 \cdot ч$.

50. Предельно допустимые напряженности электрических и магнитных полей и энергетической нагрузки

Параметр	Диапазон частот, МГц		
	От 0,06 до 3	Св. 3 до 30	Св. 30 до 300
$E_{пд}$, В/м	500	300	80
$H_{пд}$, А/м	50	—	—
$ЭН_{E_{пд}}$, $(В/м)^2 \cdot ч$	20000	7000	800
$ЭН_{H_{пд}}$, $(А/м)^2 \cdot ч$	200	—	—

Энергетическая нагрузка представляет собой произведение $ЭН_E = E^2T$ и $ЭН_H = H^2T$.

Максимальные значения энергетической нагрузки на организм в течение рабочего дня указаны в табл. 50.

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей считается допустимым, если

$$\frac{ЭН_E}{ЭН_{E_{пд}}} + \frac{ЭН_H}{ЭН_{H_{пд}}} \leqslant 1,$$

где $ЭН_E$ и $ЭН_H$ — энергетические нагрузки, характеризующие фактическое воздействия электрического и магнитного полей.

Предельно допустимые значения ППЭ на рабочих местах персонала определяют в зависимости от допустимой энергетической нагрузки $ЭН_{ППЭ_{пд}}$ и длительности воздействия T по формуле

$$ППЭ_{пд} = K\frac{ЭН_{ППЭ_{пд}}}{T},$$

где $ППЭ_{пд}$—предельно допустимое значение потока энергии, Вт/м²; $ЭН_{ППЭ_{пд}}$— предельно допустимая энергетическая нагрузка на организм человека в течение рабочего дня, равная 2 Вт · ч/м², и представляет собой произведение плотности потока энергии поля (ППЭ) на время его воздействия $ЭН_{ППЭ} = ППЭ \cdot T$; K — коэффициент ослабления биологической эффективности, равной 1 — для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн; 10 — для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50; T — время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

Во всех случаях максимальное значение $ППЭ_{пд}$ не должно превышать 10 Вт/м².

При воздействии на персонал ЭМИ от нескольких источников суммарная энергетическая нагрузка не должна превышать предельно допустимых значений:

$$ЭН_{E_1} + ЭН_{E_2} + \cdots + ЭН_E \leqslant ЭН_{E_{пд}};$$

$$ЭН_{H_1} + ЭН_{H_2} + \cdots + ЭН_H \leqslant ЭН_{H_{пд}};$$

$$ЭН_{ППЭ_1} + ЭН_{ППЭ_2} + \cdots + ЭН_{ППЭ} \leqslant ЭН_{ППЭ\ ПДУ}.$$

В диапазоне частот 60 кГц...300 МГц сумма отношений энергетических нагрузок, создаваемых каждым источником, к соответствующим предельно допустимым значениям должна отвечать условию

$$\frac{ЭН_{E_1}}{ЭН_{E_{пд_1}}}+\frac{ЭН_{E_2}}{ЭН_{E_{пд_2}}}+\frac{ЭН_E}{ЭН_{E_{пд}}}\leqslant 1.$$

При воздействии на персонал ЭМИ с различными нормируемыми параметрами соответствие интенсивности облучения гигиеническим нормативам определяется из условия

$$\frac{ЭН_{ППЭ}}{ЭН_{ППЭ\,пд}}+\frac{ЭН_E}{ЭН_{E_{пд}}}\leqslant 1;$$

$$\frac{ЭН_{ППЭ}}{ЭН_{ППЭпд}}+\frac{ЭН_Н}{ЭН_{Н\,ПДУ}}\leqslant 1.$$

В случаях, когда имеет место последовательное или одновременное облучение персонала ЭМИ диапазона 300 МГц...300 ГГц в непрерывном и прерывистом (от вращающихся и сканирующих антенн) режимах, суммарную энергетическую нагрузку вычисляют по формуле

$$ЭН_{ППЭ_{сум}}=ЭН_{ППЭ_н}+0{,}1ЭН_{ППЭ_{пр}},$$

где $ЭН_{ППЭ_н}$ — энергетическая нагрузка от непрерывного облучения; $ЭН_{ППЭ_{пр}}$ — энергетическая нагрузка от прерывистого облучения. При этом $ЭН_{ППЭ_{сум}}$ не должна превышать 2 Вт · ч/м².

Контроль ЭМИ на рабочих местах проводится в соответствии с ГОСТ 12.1.006—84 не реже одного раза в год, а также при вводе в действие новых установок, внесении изменений в конструкцию, размещение и режим работы установок, после проведения ремонта, при организации новых рабочих мест и внесении изменений в средства защиты от воздействия ЭМИ. Допускается измерения не проводить, если установка не работает в режиме излучения на открытый волновод, антенну или другой элемент и если номинальная мощность излучения установки не превышает в диапазоне частот: 60 кГц... 3 МГц — 2,5 Вт; 3...30 МГц — 400 мВт; 30...300 МГц — 100 мВт.

Измерения проводят при наибольшей мощности излучения и в каждом режиме. Поверхностная плотность потока энергии от вращающихся и сканирующих антенн измеряется при остановленных антеннах в направлении максимума излучения при всех рабочих значениях угла наклона и результаты измерений распространяются на весь сектор.

Для определения интенсивности ЭМИ, воздействующих на отдельные части тела персонала, замеры проводят в зоне нахождения его по высоте от уровня пола до 2 м через 0,5 м. С целью определения характера распространения ЭМИ в кабине или цехе проводят замеры в точках пересечения координатной сетки со стороной 1 м.

Результаты замеров фиксируют в специальном журнале или протоколе, который подписывает руководитель участка (цеха, отделения), представитель службы охраны труда и лицо, проводившее измерения.

Для измерений интенсивности ЭМИ применяются приборы, приведенные в табл. 51.

Методика расчета интенсивности облучения зависит от типа излучателя. При изотропном излучении первоначально определяют границы зон. Ближняя зона простирается на расстояние

$$r_{бл}\leqslant\lambda/2\pi,$$

где λ — длина волны, м. Дальняя зона начинается с расстояния $r_д>\lambda$. Затем определяют, в какой зоне находится рабочее место, и для данной зоны рассчитывают напряженность электрического (В/м) и магнитного (А/м) полей по формулам:

51. Основные характеристики приборов, рекомендуемых для измерения интенсивности ЭМИ

Тип прибора	Рабочий диапазон частот	Измеряемый параметр
ИНЭП-50	50 Гц	E
П3-2	200 кГц ... 300 МГц	E, H
П3-16 (П3-15, П3-17)	10 кГц ... 300 МГц	E, H
П3-9	300 МГц ... 37,5 ГГц	ППЭ
П3-13	150 МГц	E
П2-2	300 МГц ... 16 ГГц	ППЭ
NFM-1 (ГДР)	60 кГц ... 350 МГц	E, H

для ближней зоны

$$E = Il / (2\pi\omega\varepsilon r^3); \quad H = Il / (4\pi r^2),$$

для дальней зоны

$$E = \sqrt{30P\sigma}/r; \qquad H = \sqrt{P\sigma/30}/4\pi r,$$

где I — ток в проводнике (антенне), А, l — длина проводника (размеры антенны), м; ε — диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м; ω — круговая частота поля; P — мощность излучения, Вт; σ — коэффициент усиления антенны; r — расстояние от оператора до излучающей системы, м.

При направленных излучениях для параболических и круглых антенн (рис. 26) границы зон определяются по формулам:

$$r_{бл} \leqslant D^2/4\lambda; \qquad r_д \geqslant D^2/\lambda,$$

для других типов излучателей

$$r_{бл} \leqslant L_1L_2/4\lambda; \qquad r_д \geqslant L_1L_2/\lambda,$$

где D — диаметр излучателя, м; L_1 и L_2 — размеры раскрытия антенн, м. ППЭ в ближней зоне по оси диаграммы направленности излучения

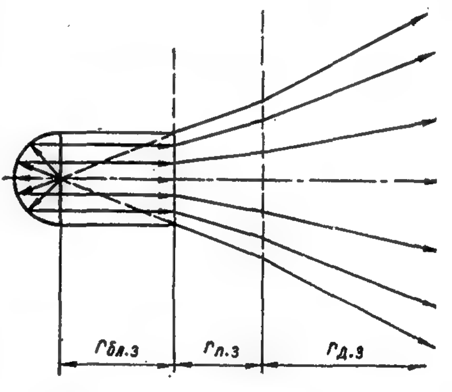


Рис. 26. Границы зон при направленном излучении:
$r_{бл.з}$ — ближняя зона; $r_{п.з}$ — промежуточная зона; $r_{д.з}$ — дальняя зона.

$$ППЭ_{бл} = \frac{3P_{ср}}{S},$$

в промежуточной зоне

$$ППЭ_{пр} = 3P_{ср}/S\,(r_{бл}/r)^2,$$

в дальней зоне

$$ППЭ_д = P_{ср}\sigma/(4\pi r^2),$$

где $P_{ср}$ — средняя мощность излучения, Вт, $P_{ср} = P_{имп}\tau/T$; $P_{имп}$ — мощность излучения в импульсе, Вт; τ — длительность импульса, с; T — период следования импульсов, с; S — площадь излучения антенны, м².

Кроме трех вышеупомянутых зон существует так называемая «мертвая зона», в которой поле отсутствует, ее границы определяют только инструментально.

Эти формулы действительны для распространения радиоволн в свободном пространстве.

Напряженность электрического поля, создаваемая высокочастотной установкой (плавильная печь, индуктор для закалки металлов, конденсатор для сушки материалов и т. д.), на расстоянии r от нее определяют по формуле

$$E \approx 21 h_A \sqrt{P}/r^2,$$

где h_A — высота расположения приемной антенны, $h_A = 1$ м; P — мощность генератора, эквивалентного паразитному излучению, Вт, $P = 0{,}1\%$ общей мощности установки [11].

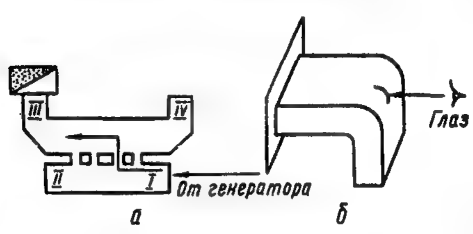


Рис. 27. Конструкция щелевого волноводного моста (*а*), волноводный изгиб в в плоскости E (*б*).

Эта формула применима при условии $0{,}1\lambda < r < 5\lambda$ (промежуточная зона). В ближней зоне затухание E пропорционально $1/r^3$, а в дальней — $1/r$.

Основные меры защиты от ЭМИ — это защита временем, защита расстоянием, экранирование источников излучения, уменьшение излучения в самом источнике излучения, выделение зон излучения, экранирование рабочих мест, СИЗ.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне и применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения до допустимых значений. В диапазоне частот до 300 МГц допустимое время пребывания определяют по формуле

$$t_{доп} = ЭН_{E_{пд}}/E_ф^2; \qquad t_{доп} = ЭН_{H_{пд}}/H_ф^2,$$

От генератора
К поглотителю СВЧ энергии
Ответвитель
Счетчик импульсов
R

Рис. 28. Схема регистрации пробоев в волноводном тракте.

где $ЭН_{E_{пд}}$ и $ЭН_{H_{пд}}$ — предельно допустимые энергетические нагрузки на организм в течение рабочего дня; $E_ф$ и $H_ф$ — фактическая напряженность электрического и магнитного полей на рабочих местах.

В диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц $t_{доп} = КЭН_{ПДЦ}/ППЭ_ф$.

Защита расстоянием применяется в том случае, если невозможно ослабить ЭМИ другими мерами, в том числе и защитой временем. В этом случае прибегают к увеличению расстояния между излучателем и персоналом. Расстояние, соответствующее предельно допустимой интенсивности облучения, определяется расчетом (см. формулы для расчета интенсивности облучения) и проверяется инструментально.

Уменьшение мощности излучения в самом источнике излучения достигается за счет применения специальных устройств: поглотителей мощности, эквивалентов антенн, аттенюаторов, направленных ответвителей, делителей мощности, волноводных ослабителей, бронзовых прокладок между фланцами, дроссельных фланцев и др.

Поглотители мощности и эквиваленты антенн выпускаются промышленностью на поглощение ЭМИ мощностью 5, 10, 30, 50, 100 и 250 Вт в диапазоне длин волн 3,1...3,5 и 6...1000 см.

Аттенюаторы позволяют ослабить ЭМИ в пределах от 0 до 120 дБ мощностью 0,1; 1,5; 10; 50 и 100 Вт в диапазоне длин волн 0,4...0,6; 0,8...300 см.

Направленные ответвители дают ослабление мощности излучения на 20...60 дБ.

Фланцевые соединения являются источником побочных излучений. Применение бронзовых прокладок между фланцами повышает ослабление излучения с 40 до 60 дБ, а применение дроссельных фланцев — до 70—80 дБ.

При устранении искрений, пробоев и коронирования в элементах СВЧ тракта применяют щелевой волноводный мост (рис. 27, *а*) либо волноводный изгиб с узкой щелью в центральной части широкой стенки волновода (рис. 27,*б*), которые уменьшают интенсивность облучения до 60 дБ. Применяют также направленный ответвитель и счетчик импульсов (рис. 28), которые обеспечивают дистанционный контроль и подсчет количества пробоев [6; 7].

Выделение зон излучения. Для каждой установки, излучающей ЭМЭ выше предельно допустимых значений, должны выделяться отдельные зоны, в которых интенсивность облучения превышает нормы. Границы зон определяют экспериментально для каждого конкретного случая размещения установки, аппаратуры при работе их на максимальную мощность излучения. Зоны стоящих рядом установок не должны перекрываться или установки должны работать на излучение в разное время. В соответствии с ГОСТ 12.4.026—76 зоны излучения ограждаются либо устанавливаются предупреждающие знаки с надписями: «Не входить, опасно!». Такую зону можно дополнительно обозначить по границам широкими красными линиями на полу помещения, территории, а также применять предупреждающую сигнализацию согласно ГОСТ 12.1.006—84.

Экранирование источников излучения используют для снижения интенсивности ЭМЭ на рабочем месте или ограждения опасных зон излучений. Экраны изготавливают из металлических листов или сеток в виде замкнутых камер, шкафов и кожухов. Толщину экрана, изготовленного из сплошного материала, м, определяют по формуле

$$б = Э/15,4\sqrt{f\mu\rho},$$

где $Э$ — заданное ослабление интенсивности ЭМИ, определяемое как частное от деления фактической интенсивности ЭМИ к предельно допустимому; f — частота ЭМИ, Гц; μ — магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м; ρ — удельная проводимость материала экрана, См/м.

Эффективность экрана, изготовленного из одного слоя сетки из цветного металла, расположенного в зоне индукции, определяется

$$Э_{дБ} = 20\lg\frac{1}{\eta},$$

где η — проницаемость экрана, $\eta = 3\gamma/(1+3\gamma)$; γ — параметр экранирования,

$$\gamma = d\left(\ln\frac{d}{r_0} - 1,25\right)\Big/(2\pi R);$$

d — шаг сетки (ячейки); r_0 — радиус проволоки сетки; R — радиус эквивалентного экрана, $R = \sqrt[3]{3V/4\pi}$; V — объем экранирующей камеры.

При требуемой эффективности экранирования более 30 дБ применяют двойной сетчатый экран (один из них расположен внутри другого). Проницаемость двойного экрана

$$\eta = \frac{\eta_1\eta_2}{1-(R_1/R_2)^3(1-\eta_1)(1-\eta_2)},$$

где η_1 и η_2, R_1 и R_2 — соответственно проницаемости и радиусы эквивалентного первого и второго экранов. Однако, если расстояние между экранами окажется равным кратному $\lambda/2$, то эффективность экранирования резко уменьшится (рис. 29).

Эффективность экранирования сетчатыми экранами, расположенными в волновой зоне, при линейной поляризации волн определяют следующим образом:

при нормальном падении волны и векторе E, параллельном проволокам сетки одного из направлений (рис. 30, *а*),

$$Э_{дБ} = 10 \lg \left[\left(1 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2 \right) \Big/ 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln \frac{d}{2\pi r_0} \right)^2 \right];$$

Рис. 29. Эффективность экранирования двойного сетчатого экрана в зависимости от расстояния между экранами.

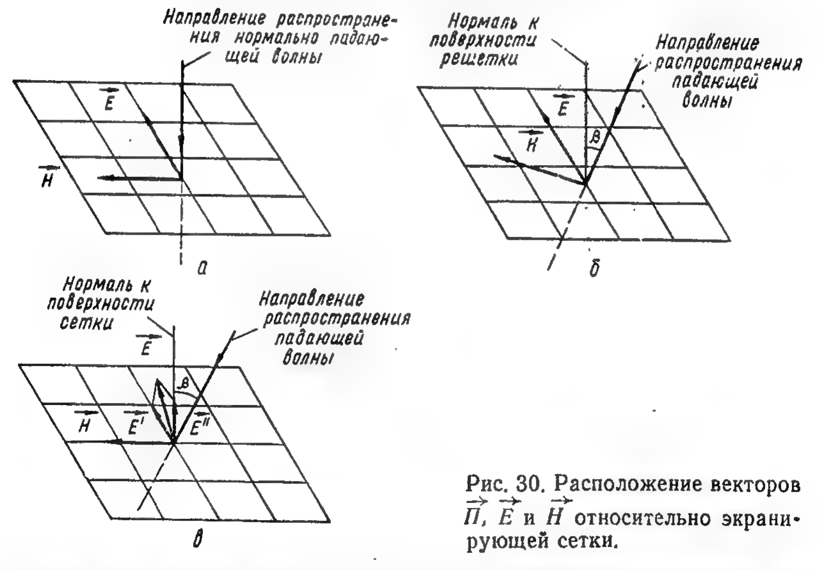


Рис. 30. Расположение векторов $\vec{П}$, $\vec{E}$ и $\vec{H}$ относительно экранирующей сетки.

при наклонном падении волны и векторе E, остающемся параллельным проволокам сетки одного из направлений (рис. 30,*б*),

$$Э_{дБ} = 10 \lg \frac{1 + 4\,[d \cos\beta/\lambda \ln (d/2\pi r_0)]^2}{4\,[d \cos\beta/\lambda \ln (d/2\pi r_0)]^2};$$

при наклонном падении волны, векторе E, перпендикулярном к проволокам сетки одного из направлений, и векторе H, остающемся в процессе изменения угла падения параллельным плоскости сетки (рис. 30, *в*),

$$Э_{дБ} = 10 \lg \frac{1 + 4\,[d/\lambda \ln (d/2\pi r_0)]^2}{(1 - \cos\beta)^2 + 4 \left(\frac{d}{\lambda} \ln (d/2\pi r_0) \right)^2},$$

где β — угол падения волны на сетку.

Формулы для расчета экрана в дальней зоне приемлемы при соблюдении следующих условий:

$$d/\lambda < 1; \qquad r_0/\lambda < 0{,}04; \qquad r_0/d < 0{,}1;$$

длина и ширина плоского экрана должны превышать длину волны более чем в пять раз [6].

Эффективность экранирования $Э_{дБ} \geqslant УО + (1...2)_{дБ}$, где УО — уровень облучения, $УО = 10\lg(ППЭ_ф/ППЭ_{доп})$.

При выборе конструкции экрана необходимо учитывать его герметичность (наличие отверстий и их соразмерность с $\lambda/2$). Если отверстия равны или кратны целому числу $\lambda/2$, то такая щель становится щелевой антенной и резко возрастает интенсивность облучения персонала. В этом случае ослабление ЭМИ достигается насадкой на отверстия, вентиляционные каналы, смотровые окна, применением запредельных волноводов с сетками на обоих концах (рис. 31, *а*), сотовой конструкции (рис. 31, *б*) или цилиндрической

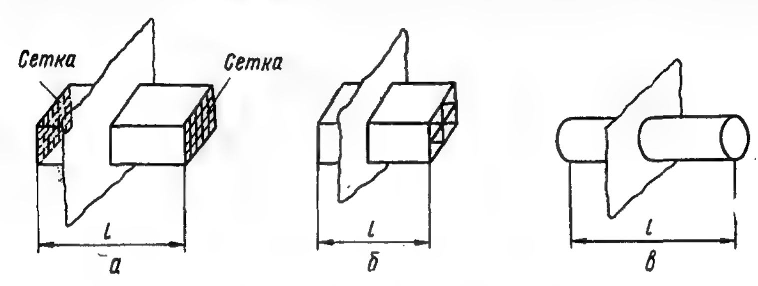


Рис. 31. Отверстия типа «запредельный волновод».

(рис. 31,*в*). Размеры патрубка или ячейки сотовой решетки определяются в зависимости от частоты ЭМИ и требуемой эффективности экранирования (табл. 52). Длина запредельного волновода, см,

$$l = Э_{тр}/Э_{пог},$$

где $Э_{тр}$ — требуемое ослабление поля, дБ; $Э_{пог}$ — ослабление излучения запредельным волноводом, дБ/см.

52. Выбор размеров предельных волноводов

Диапазон частот (длин волн)	Размер стороны квадратного, широкой стороны прямоугольного (*a*) или диаметра круглого волновода (*D*)		Ослабление излучения $Э_{пог}$, ДБ/см	
			квадратного или прямоугольного волновода	круглого волновода
До 20 МГц ($\lambda \geqslant 15$ м)	$a \leqslant \lambda_{мин}/20$	$D \leqslant \lambda_{мин}/17$	$\frac{27{,}3}{a}$	$\frac{32}{D}$
От 20 до 150 МГц ($\lambda = 2 — 15$ м)	$a \leqslant \lambda_{мин}/10$	$D \leqslant \lambda_{мин}/8{,}5$	$\frac{26{,}6}{a}$	$\frac{31{,}2}{D}$
От 150 до 1000 МГц ($\lambda = 30 — 200$ см)	$a \leqslant \lambda_{мин}/5$	$D \leqslant \lambda_{мин}/4{,}3$	$\frac{25{,}0}{a}$	$\frac{29{,}3}{D}$
От 1000 до 10 000 МГц ($\lambda = 3 — 30$ см)	$a \leqslant \lambda_{мин}/3{,}5$	$D \leqslant \lambda_{мин}/3$	$\frac{21{,}5}{a}$	$\frac{25{,}2}{D}$

Контрольно-измерительные приборы, измеряющие напряжение и токи промышленной частоты, экранируются с внутренней стороны и обеспечива-

ются проходными конденсаторами (рис. 32, *а*), а приборы, включенные в высокочастотные цепи, экранируются сетками с внешней стороны (рис. 32, *б*).

Контактирующие поверхности частей экрана должны иметь антикоррозионное покрытие и плотно прилегать по всему периметру друг к другу. Расстояние между креплениями контактов следует выбирать согласно табл. 52 как размер широкой стороны прямоугольного волновода, а величину нахлеста одного листа на другой — по формуле для определения длины запредельного волновода.

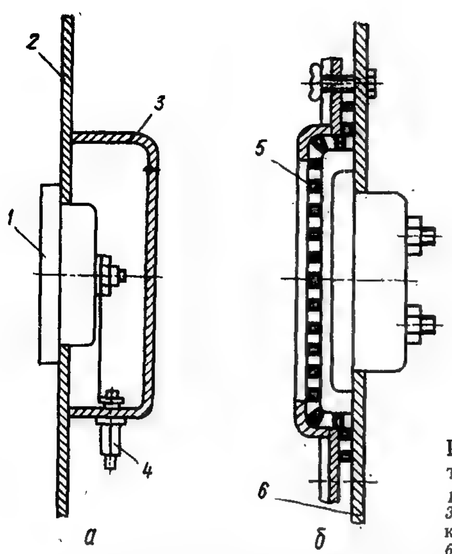


Рис. 32. Способы экранирования контрольно-измерительных приборов:

1 — прибор; *2* — лицевая панель аппарата; *3* — экранирующий корпус; *4* — проходной конденсатор; *5* — лицевая панель аппарата; *6* — экран из латунной сетки.

Конструкции контактов по периметру экрана приведены на рис. 33. Конструкция ввода труб в экран и их крепление показаны на рис. 34 [11; 12].

Предотвращение излучения ЭМЭ через органы управления достигается за счет конструкции выводов, указанных на рис. 35.

Рис. 33. Типы контактных устройств:

а — контакты, укрепленные на экране 2; *б* — контакты, укрепленные на крышке аппарата 2; *в* — контакты одноконтактного устройства (*1* — латунь, *2* — сталь, *3* — швеллер); *г* — конструкция двойного пружинящего контакта (*1* — латунь, *2* — уголок, *3* — бронза Б-ОФ65-0, 13, лента 0,3 м, *4* — швеллер); *д* — конструкция непрерывного контакта по всему периметру (*1* — плетенка ПМЛ-10 луженая, *2* — шнур амортизационный резиновый); *е* — соединение сетки с сеткой (*1* — сетка латунная луженая, *2* — резинка); *ж* — соединение сетки со сплошным экраном.

Для исключения отражения ЭМЭ от внутренней поверхности помещений, камер их покрывают поглощающим электромагнитную энергию материалом (резиновые коврики В2Ф2, В2Ф3, ВКФ-1; магнитодиэлектрические пластины ХВ-0,8; ХВ-2,0; ХВ-3,2; ХВ-4,4; ХВ-6,2; ХВ-8,5; ХВ-10,6; поглощающее покрытие на основе поролона «Болото», ВРПМ; поглощающие пластины СВЧ-0,68), коэффициент отражения которых по мощности не превышает 2 %.

В качестве экранирующего материала для окон помещений, кабин и камер, приборных панелей, смотровых окон применяется оптически прозрачное стекло с отражающими экранными свойствами (ТУ 166—63 или ВТУ РЗ-ГИС-1—65). Это стекло покрыто полупроводниковым двуоксидом олова.

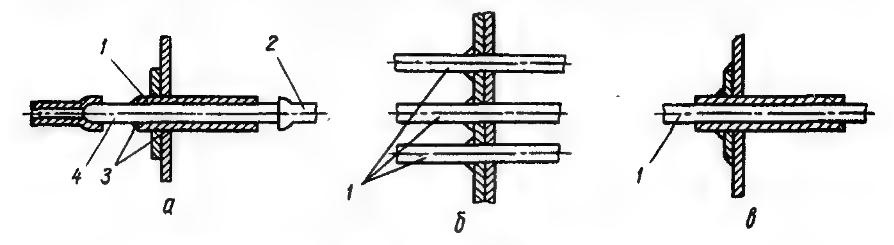


Рис. 34. Конструкция ввода труб в экран и их крепление:
а — чугунных (*1* — стальной патрубок, *2* — чугунная труба, *3* — сварка, *4* — стальная труба); *б* — стальных (*1* — стальная труба); *в* — неметаллических (*1* — неметаллическая труба).

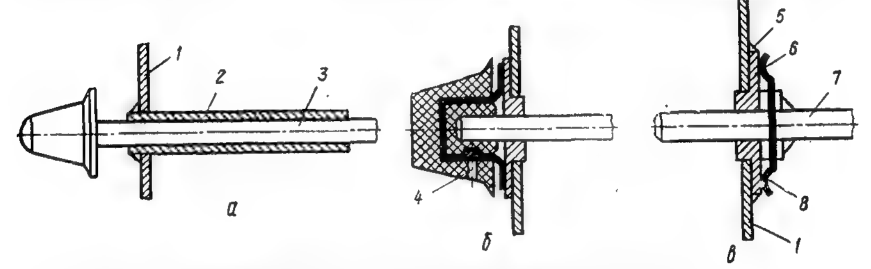


Рис. 35. Конструкция выводов органов управления через экран.
а — ось из изоляционного материала; *б* — щеточный контакт с наружной стороны экрана; *в* — щеточный контакт с внутренней стороны экрана; *1* — экран; *2* — стальная трубка; *3* — диэлектрическая ось; *4* — стопорный винт; *5* — пайка; *6* — втулка латунная луженая; *7* — металлическая ось; *8* — щеточный контакт.

Экранирование рабочего места применяется, когда невозможно осуществить экранирование аппаратуры, и достигается с помощью сооружения кабин либо ширм с покрытием из поглощающих материалов. В качестве экранирующего материала для окон, приборных панелей применяется стекло, покрытое полупроводниковым двуоксидом олова.

СИЗ следует пользоваться в тех случаях, когда применение других способов предотвращения воздействия ЭМИ невозможно. В качестве СИЗ применяют халат, комбинезон, капюшон, защитные очки. В качестве материала для халата, комбинезона, капюшона используется специальная радиотехническая ткань, в структуре которой тонкие металлические нити образуют сетку. В качестве защитных органов зрения применяют: сетчатые очки, имеющие конструкцию полумасок из медной или латунной сетки; очки ОРЗ-5 со специальным стеклом с токопроводящим слоем диоксида олова [14].

Список литературы

1. **Безопасность** труда в промышленности / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Сабарно и др.— К.: Техніка, 1982.— 231 с.
2. **Безопасность** труда на производстве. Защитные устройства: Справ. пособие / Под ред. Б. М. Злобинского.— М.: Металлургия, 1971.— 456 с.

3. **Влияние** импульсного электромагнитного поля низкой частоты на организм / Г. И. Евтушенко, Ф. А. Колодуб, И. С. Островская, Н. В. Максименко.— К.: Здоровье, 1978.— 130 с.
4. **Давыдов Б. И., Тихончук В. С., Антипов В. В.** Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений.— М.: Энергоатомиздат, 1984.— 176 с.
5. **Думанский Ю. Д., Сердюк А. М., Лось И. П.** Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека.— К.: Здоровье, 1975.— 180 с .
6. **Крылов В. А., Юченкова Т. В.** Защита от электромагнитных излучений.— М.: Сов. радио, 1972.— 216 с.
7. **Минин Б. А.** СВЧ и безопасность человека.— М.: Сов. радио, 1974.— 348 с.
8. **Правила** техники безопасности при эксплуатации электроустановок.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 144 с.
9. **Предельно** допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц /Г. И. Евтушенко, В. Г. Шестаков, В. Б. Карамышев и др.— Харьков, 1986.— 8 с.
10. **Ревякин А. И.** Защита от излучений.— М.: МЭИ, 1975.— 66 с.
11. **Рекомендации** по подавлению радиопомех, создаваемых высокочастотными установками промышленного назначения в диапазоне частот 0,15—400 МГц.— М.: Связь, 1965.— 80 с.
12. **Рекомендации** по применению, устройству и монтажу экранированных помещений и кабин.— М.: Связь, 1966.— 80 с.
13. **Санитарные** нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот. № 848—70.— М.: 1970.— 40 с.
14. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог — справочник / Под общей ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.— 176 с.
15. **Шапиро Д. Н.** Основы теории электромагнитного экранирования.— Л.: Энергия, 1975.— 112 с.
16. **Электробезопасность** на промышленных предприятиях: Справочник / Р. В. Сабарно, А .Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харламов.— К.: Техніка, 1985.— 288 с.

Глава 9

ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

9.1. Защита от инфракрасных излучений

Инфракрасное излучение (ИФК) охватывает область спектра с длиной волны, лежащей в пределах от 760 нм до 540 мкм.

Инфракрасное излучение оказывает на организм человека в основном тепловое воздействие. Эффект действия ИФК зависит от длины волны, которая обусловливает глубину их проникновения. В связи с этим инфракрасное излучение подразделяется на три области: А, В, С. К области А относятся излучения с длиной волны от 760 до 1500 нм, к области В — от 1500 до 3000 нм и к области С — более 3000 нм. Первая область инфракрасных излучений (проникающее действие через кожу) обозначается как коротковолновое ИФК, а следующие две области — как длинноволновые. Длинноволновое ИФК поглощается большей частью в эпидермисе, в то время как видимые и ближние излучения в основном поглощаются кровью в слоях дермы и подкожной жировой клетчатки. Инфракрасные излучения влияют на функциональное состояние человека, его центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему. Отмечается резкое учащение сердцебиения, повышение максимального и понижение минимального артериального давления, учащение дыхания, повышение температуры тела и усиление потоотделения, заболеваемость сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения. Излучения могут вызывать целый ряд патологических изменений в состоянии глаз: конъюнктивиты, помутнение и васкуляризацию роговицы, депигментацию

радужки, спазм зрачков, помутнение хрусталика, ожог сетчатки и хориоретинит («снеговая» слепота).

Наиболее тяжелые поражения вызываются короткими инфракрасными излучениями. При их интенсивном воздействии на непокрытую голову может произойти солнечный удар — головная боль, головокружение, учащение пульса, ускорение дыхания, затемнение и потеря сознания, нарушение координации движений, тяжелые поражения мозговых оболочек и мозговых тканей вплоть до выраженного менингита и энцефалита.

При длительном пребывании человека в зоне ИФК, как и при систематическом воздействии высокой температуры, происходит нарушение водно-солевого баланса, который вызывает так называемую судорожную болезнь, характеризующуюся появлением резких судорог. Нарушение теплового баланса вызывает заболевание, называемое тепловой гипотермией или перегревом.

Допустимая плотность потока ИФК установлена с учетом области излучения, т. е. их биологической активности (табл. 53). Интегральная плотность потока от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на рабочих местах в соответствии с «Санитарными нормами микроклимата производственных помещений» от 1986 г. не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50 % поверхности тела и более; 70 Вт/м² при облучении от 25 до 50 % поверхности тела и 100Вт/м² при облучении не более 25 % поверхности тела.

53. Допустимые мощности потока ИФК [9]

Области ИФК	Длина волны, нм	Допустимая плотность потока, Вт/м²
А	760—1500	100
В	1500—3000	120
	3000—4500	150
С	> 4500	120

Интенсивность облучения ИФК от открытых источников (нагретый металл, стекло, открытое пламя) не должна превышать 140 Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела и обязательном применении СИЗ, в том числе средств защиты лица и глаз.

Интенсивность ИФК измеряется на рабочих местах или в рабочей зоне на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола в направлении максимума излучения от каждого источника.

Если рабочие имеют непостоянные рабочие места при стабильных источниках, целесообразно измерять интенсивность излучения на разных расстояниях от источника радиации с одинаковыми интервалами и определять длительность облучения рабочих. Так как инфракрасное излучение нагревает окружающие поверхности, создавая вторичные источники тепловыделения, то необходимо измерять интенсивность излучения не только на постоянных рабочих местах или в рабочей зоне, но и в нейтральных точках и других местах помещения.

Интенсивность интегрального теплового излучения измеряется актинометрами, а спектральная интенсивность излучения — инфракрасными спектрометрами типа ИКС-10; ИКС-12; ИКС-14. В настоящее время в практике производственных исследований применяется актинометр Носкова. Для измерения малых величин интенсивности излучения (от слабонагретых тел или от сильных источников, расположенных далеко от рабочей зоны) применяют серебряно-висмутовый термостолбик Молля.

Расчет интенсивности ИФК облучения, Вт/м², от нагретой поверхности или через отверстие в печи определяют по формулам:

$$q = 0{,}91 S\,[(T/100)^4 - A]/r^2 \quad \text{для} \quad r \geq \sqrt{S};$$

$$q = 0{,}91 \sqrt{S}\,[(T/100)^4 - A]/r \quad \text{для} \quad r < \sqrt{S},$$

где S — излучающая поверхность, м²; r — расстояние от источника излучения, м; $A = 85$ — для кожного покрова человека и спецодежды из хлопчатобумажной ткани; $A = 110$ — для спецодежды из сукна.

Длина волны, нм, на которой излучение максимально, определяется из закона смещения Вина; $\lambda_{макс} = 2{,}88 \cdot 10^6/T$.

Защита от ИФК достигается защитой временем, расстоянием, теплоизоляцией горячих поверхностей, охлаждением теплоизлучающих поверхностей, экранированием источников излучения, применением воздушного душирования, СИЗ и другими средствами, которые могут применяться как самостоятельно, так и в комплексе.

Защита временем применяется при высокой интенсивности ИФК облучения. Устраиваются перерывы, частота и длительность которых определяется условиями и категорией работ (табл. 54), с этой целью для работающих устраиваются специальные так называемые радиационные кабины, или комнаты отдыха, в которых обеспечивается заданный микроклимат. Температура стен в этих комнатах предусматривается более низкая, чем температура воздуха.

54. Допустимая длительность облучения инфракрасным излучением и длительность перерывов

Плотность потока излучения, Вт/м²	Допустимая длительность разового облучения, мин	Длительность перерыва между облучениями, не менее, мин	Допустимое суммарное время облучения в течение рабочего дня, %
До 350	Не ограничено	—	100
500	20	5	70
700	15	5	50
1200	10	5	50
2000	5	5	50
2100	4,5	10	30
2800	Выполнение работ без специальных СИЗ не допускается		

Допустимое расстояние до источников ИФК определяют по вышеуказанным формулам. Их решают относительно r, подставляя $q_{доп}$.

Теплоизоляция является эффективным и самым экономичным мероприятием по уменьшению интенсивности инфракрасного излучения от нагретых поверхностей (печей, сосудов, трубопроводов и др.) и общих тепловыделений, а также для предотвращения ожогов при прикосновении к этим поверхностям и сокращения расходов топлива. По действующим санитарным нормам температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений на рабочих местах не должна превышать 45 °С. Для теплоизоляции применяют самые разнообразные материалы и конструкции (специальные бетоны, легковесный кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок и др.). Целесообразно устраивать алюминиевые кожухи снаружи теплоизоляции.

Охлаждение теплоизолирующих поверхностей осуществляется с помощью воды. При этом температура наружной поверхности не должна превышать температуры отходящей воды 35—40 °С.

Экранирование источников излучения — наиболее распространенный и эффектный способ защиты от излучения. Экраны применяют как для экранирования источников излучения, так и для защиты рабочих мест. По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие, теплоотводящие. Существует три типа экранов: непрозрачные, полупрозрачные, прозрачные. Область применения экранов приведена в табл. 55.

Кроме мер, направленных на уменьшение интенсивности теплового излучения на рабочих местах, предусматривают такие условия, при которых обеспечивается отдача тепла человека непосредственно на месте работы. Это осуществляется путем создания оазисов и душирования, с помощью которых непосредственно на рабочее место направляется воздушный поток с определенной температурой и скоростью в зависимости от категории работы, сезона года и интенсивности ИФК (табл. 56).

Особую группу мер, направленных на предупреждение перегревания человека, представляют рациональный питьевой режим и гидропроцедуры.

55. Указания по рациональному применению типовых средств теплозащиты в горячих цехах

Тип средств	Конструкция	Коэффициент пропускания	Условия применения: Интенсивность облучения, кВт/м²	Условия применения: Температура источника, °С
Экраны непрозрачные: теплоотводящие	Полостные плиты — коробки с охлаждением	0,07	1,4—5	200—1200
	Заслонки сварные, футерованные огнеупорным кирпичом с водяным охлаждением	0,12	14	1800—2000
	Металлические листы, омываемые водой	0,12	0,7—3,5	300
теплопоглощающие	Заслонки литые, футерованные кирпичом или теплоизоляционным материалом	0,70	3,5—7	800—900
	Щиты металлические, футерованные кирпичом	0,70	3,5—10	400—600
	Щиты, облицованные асбестом	0,45	0,35—4	300
	Щиты, облицованные перлитом, вермикулитом, легковесом	0,25	0,35—8,5	600
	Щиты, облицованные стеклотканью	0,50	0,7—4	400
теплоотражающие	Экран-панель из альфоля на сетке, раме, асбофанере, шифере (2—4 слоя с воздушными прослойками 15 мм)	0,05	0,35—7	950
	Экран из алюминиевых листов одинарный	0,15	0,7—4	800
	Экран из алюминиевых листов двойной с естественно вентилируемой воздушной прослойкой	0,10	2—6	1000
	Экран из алюминиевых листов с искусственным продувом воздухом	0,10	4—7	1200
	Экран из алюминиевых листов с продувом водовоздушной смесью	0,10	4—10	1400
	Экран многослойный с естественным прососом воздуха	0,10	4—13	1600
Комбинированные	Экран из альфоля на утепленном линолеуме	0,10	0,7—7	800
	Экран из алюминия на поролоне	0,05	0,7—4	1200
	Экран из алюминия на перлите	0,03	4—7	1200
	Экран из алюминия на вермикулите	0,03	4—7	1200
Экраны полупрозрачные: теплоотводящие	Экраны металлические сетчатые, орошаемые водой	0,25	0,7—5	1100
	Цепные завесы, орошаемые водой	0,20	0,7—8	1200
теплопоглощающие	Экраны металлические сетчатые с ячейкой 3×3 мм	0,65	0,35—1	800
	Завесы цепные	0,40	0,7—5	1000

Тип средств	Конструкция	Коэффициент пропускания	Условия применения	
			Интенсивность облучения, кВт/м²	Температура источника, °С
	Стекло с металлической сеткой	0,30	0,7—5	1000
Экраны прозрачные: теплоотводящие	Завеса пленочная водяная по стеклу	0,08	0,3—1,7	900
	Завеса водяная без стекла сливная	0,10	0,35—4	900
	Завеса водяная напорная	0,10	0,35—7	900
	Экран аквариальный	0,07	0,7—2	1300
теплопоглощающие	Завеса вододисперсная	0,40	4—7	1800
	Завеса паровая	0,45	5—7	1200
	Стекло закаленное (сталинит)	0,37	0,7—1,4	1000
	Стекло двойное с воздушно-вентилируемой прослойкой 20—40 мм	0,21	1,4—2,1	1000
теплопоглощающие	Стекло простое одинарное, толщиной 2 мм	0,49	0,7—1,4	800
	Стекло двойное с воздушной прослойкой	0,33	1,4—2,1	800
	Оргстекло сине-зеленое толщиной 5 мм	0,30	4—5	1100
теплоотражающие	Стекло с пленочным покрытием окислами металлов:			
	олово-сурьмяное	0,15	0,7—12	1200
	кобальтовое	0,55	0,7—4	1200
	железное	0,70	0,7—2	1200
	молибденовое	0,40	0,7—4	1200
Другие средства:	Агрегат веерный	—	0,3—4	700
душ воздушный	Патрубок централизованной системы	—	0,3—4	700
душ водовоздушный	Агрегат веерный	—	4—6	900
	Патрубок централизованной системы с охлаждением до температуры 22 °С	—	4—7	900
батарея радиационно-охладительная	Кессоны	—	—	—
	Экраны из труб	—	—	—
Форсунка водораспылительная	Форсунка пневматическая	—	3,5—8	1400
	Форсунка механическая	—	3,5—7	

56. Допустимая температура воздуха и максимальная скорость движения воздуха при воздушном душировании

Категория работ	Максимальная скорость движения воздуха, м/с	Нормирование средней температуры воздуха, °С, при интенсивности облучения инфракрасным излучением, Вт/м²					Категория работ	Максимальная скорость движения воздуха, м/с	Нормирование средней температуры воздуха, °С, при интенсивности облучения инфракрасным излучением, Вт/м²				
		350	700	1400	2100	2800			350	700	1400	2100	2800
Легкая	1	28	25	23	20	—	Тяжелая	3	—	28	25	23	21
	2	—	28	27	25	22		3,5	—	28	26	24	22
	3	—	—	28	26	25		2	25	21	19	—	—
	3,5	—	—	—	27	26		3	26	23	22	21	20
Средней тяжести	1	27	24	—	—	—		3,5	—	24	23	22	21
	2	28	26	23	20	—							

Примечания: 1. При длительности облучения менее 15 мин в течение часа значение температуры может быть на 2 °С выше, а при длительности облучения более 30 мин в течение часа — на 2 °С ниже значений, указанных выше. 2. Для промежуточных интенсивностей инфракрасного облучения $t_{ср}$ определяется расчетом в зависимости от минимальной температуры воздуха в душирующей струе $t_х$ и температуры воздуха в рабочей зоне $t_{р.з}$ по формуле $t_{ср} = 0,7t_х + 0,3t_{р.з}$, при этом $t_х$ не должно быть ниже 18 °С.

Для восстановления водного баланса в организме рабочих их снабжают газированной подсоленной водой (от 0,2 до 0,5 % хлористого натрия) из расчета 4—5 л на человека в смену.

Средства индивидуальной защиты применяются в целях исключения или снижения воздействия лучистой энергии на организм человека. Спецодежда выполняется из невоспламеняемого, стойкого против лучистой энергии, мягкого и воздухопроницаемого материала (сукно, брезент, синтетическое волокно, химически обработанное с металлическим покрытием тканей), ГОСТ 12.4.044—78 и ГОСТ 12.4.045—78. Ткань с металлическим покрытием отражает до 90 % падающих на рабочего инфракрасных лучей. Для защиты глаз от воздействия инфракрасного излучения промышленностью выпускаются стекла-светофильтры, применяемые в очках, щитках и других устройствах. Для различных видов работ рекомендуются соответствующие защитные светофильтры из специального желто-зеленого или синего стекла (ГОСТ 12.4.003—74). Предусматривается специальная кожаная (ГОСТ 12.4.032—77) или валяная (ГОСТ 12.4.050—78) обувь для защиты от повышенных температур [9].

9.2. Защита от ультрафиолетовых излучений

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) в спектре электромагнитных колебаний располагается между излучениями коротких волн видимого света и рентгеновским излучением и имеет диапазон длин волн от 390 до 1 нм. По способу генерирования УФИ относится к тепловым источникам, а по характеру воздействия на вещества — к воздействию ионизирующего излучения. Искусственными источниками УФИ являются газоразрядные источники света, электрические дуги, лазеры, ртутные выпрямители и др. Тела начинают генерировать УФИ при температуре нагрева выше 1200 °С, интенсивность растет с увеличением температуры. Воздух непрозрачен для УФИ с длиной волны $\lambda < 185$ нм из-за поглощения его кислородом.

В связи с тем, что диапазон УФИ имеет большую протяженность и оказывает различное действие как физико-химического, так и биологического характера, оно делится на 3 области: область А — $\lambda = 390...315$ нм; область В — $\lambda = 315...280$ нм; область С — $\lambda = 280...200$ нм.

УФИ области А отличается слабым биологическим действием, вызывающим преимущественно флюоресценцию. Основное биологическое действие оказывает УФИ области В. Это излучение вызывает основные изменения в коже, крови, нервной системе, кровообращении и других органах. УФИ области С отличается большим разрушительным действием на клетку, так как обладает бактерицидным действием, вызывая коагуляцию белков и т. д.

Воздействие УФИ на кожу вызывает дерматиты с диффузной экземой, а также образование опухолей при длине волны 280—303 нм. Наряду с этим УФИ оказывает влияние на центральную нервную систему, вызывая головную боль, головокружение, повышение температуры, нервное возбуждение и др. Действуя на глаза, оно вызывает сильное воспаление переднего отдела глаза, известное под названием фото- или электроофтальмии, воспаление роговицы (кератит) и помутнение хрусталика.

Под действием УФИ изменяется состав производственной атмосферы: образуется озон, оксиды азота и перексид водорода, ионизируется воздух. В производственной атмосфере образуются ядра конденсации, которые снижают интенсивность излучения, уменьшают освещенность рабочих мест, ведут к образованию производственных туманов и оказывают консервирующее действие на влажность воздуха.

57. Ориентировочные допустимые плотности потока УФИ [10]

Область излучения	Длина волны, нм	Допустимая плотность потока энергии, Вт/м²
А	400—320	10
В	320—280	0,01
С	280—200	0,001

Примечание. Обязательна защита органов зрения и кожных покровов.

С учетом оптико-физиологических свойств глаза и областей УФИ установлены предельно допустимые плотности потока излучений (табл. 57).

Для персонала, связанного с люминесцентным контролем качества изделий, допустимая интенсивность УФИ приведена в «Гигиенических требованиях к конструированию и эксплуатации установок с искусственными источниками ультрафиолетового излучения для люминесцентного контроля качества промышленных изделий».

Основными защитными мерами являются экранирование источников излучения и рабочих мест, СИЗ, специальная окраска помещений и рациональное размещение рабочих мест. Наиболее рациональным является экранирование (укрытие) источников излучения. В качестве экрана применяют различные материалы и светофильтры, не пропускающие или снижающие интенсивность УФИ. Для защиты рабочих рабочие места ограждают ширмами, щитками или устанавливаются кабины высотой 1,8—2 м, стенки которых не должны доходить до пола на 25—30 см для улучшения условий проветривания кабин.

В качестве СИЗ применяют: спецодежду (куртки, брюки), рукавицы, фартук, щитки со светофильтром или защитные очки. Одежда изготавливается из тканей, не пропускающих УФИ (лен, хлопчатобумажная, поплин). Защитные очки и щитки укомплектовываются светофильтрами в зависимости от выполняемой работы согласно ГОСТ 12.4.080—79 и ГОСТ 12.4.003—80. Полную защиту от УФИ всех областей обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее оксид свинца). Для защиты кожи от УФИ применяют мази с содержанием веществ, служащих светофильтрами (салол, салициловометиловый эфир и др.) [9].

Стены и ширмы в цехах окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой), применяя цинковые и титановые белила для поглощения УФИ.

9.3. Защита от лазерных излучений

Уникальные свойства лазерного излучения (ЛИ) обусловливают широкое применение лазерных установок в народном хозяйстве. Однако лазерной технологии сопутствует комплекс опасных и вредных производственных факторов, воздействию которых подвержен персонал. Опасные и вредные факторы, которые могут возникать при эксплуатации лазеров, зависят от класса опасности лазеров (табл. 58).

58. Опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.1.040—83)

Фактор	Класс опасности лазера			
	I	II	III	IV
Лазерное излучение:				
прямое, зеркально отраженное	—	+	+	+
диффузно отраженное	—	—	+	+
Повышенная напряженность электрического поля	— (+)	+	+	+
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	—	—	— (+)	+
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	—	—	— (+)	+
Повышенная яркость света	—	—	— (+)	+
Повышенные уровни шума и вибрации	—	—	— (+)	+
Повышенный уровень ионизирующих излучений	—	—	—	+
Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ и СВЧ диапазонов	—	—	—	— (+)
Повышенный уровень инфракрасной радиации	—	—	— (+)	+
Повышенная температура поверхностей оборудования	—	—	— (+)	+
Химически опасные вредные производственные факторы	При работе с токсичными веществами			

Примечание. В таблице приняты обозначения: + — существует всегда; — — отсутствуют! — (+) — наличие зависит от конкретных технических характеристик лазера и условий его эксплуатации.

Лазеры по степени опасности генерируемого ими излучения подразделяются на четыре класса: I — лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи; II — лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально отраженным излучением; III — лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и при облучении кожи прямым и зеркально отраженным излучением; IV — лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

Для классификации технологических лазерных установок предприятия-изготовители измеряют уровень лазерного излучения в рабочей зоне и сравнивают их с ПДУ.

Класс опасности лазеров, не относящихся к технологическим установкам, определяется предприятием-изготовителем по выходным характеристикам излучения в соответствии с табл. 59.

Лазеры, генерирующие излучение в видимой области спектра, классифицируются по первичным и вторичным биологическим эффектам. При этом выбирается наибольший из соответствующих классов.

Биологическое действие ЛИ зависит от длины волны и интенсивности излучения. В связи с этим весь диапазон длин волн делится на ряд областей: от 0,2 до 0,4 мкм — ультрафиолетовая область; свыше 0,4 до 0,75 мкм — видимая область; свыше 0,75 до 1,4 мкм — ближняя инфракрасная область; свыше 1,4 мкм — дальняя инфракрасная область.

Различают следующие виды воздействия ЛИ на живой организм.

59. Классификация лазеров по степени опасности генерируемого излучения

Класс опасности	По первичным биологическим эффектам		По вторичным биологическим эффектам	
	Диапазон длин волн λ, мкм	Енергия Е, Дж, генерируемая за время действия t	Диапазон длин волн λ, мкм	Енергия Е, Дж, генерируемая за рабочий день
I	0,2...0,4 и выше 1,4	$E \leqslant 0{,}8Hd_л^2$	0,4...0,75	$E \leqslant 4{,}8 \cdot 10^{-4}\pi H_В$
	0,4...1,4	$E \leqslant 7{,}7 \cdot 10^{-5}H_{п.\,т}$		
II	0,4...1,4	$7{,}7 \cdot 10^{-5}H_{п.\,т} < E \leqslant 3{,}2 \cdot 10^2 H_п$	0,4...0,75	$4{,}8 \cdot 10^{-4}\pi H_В < E \leqslant 10^2\pi H_В$
III	0,2...0,4 и выше 1,4	$0{,}8Hd_л^2 < E \leqslant 10^2\pi H$	0,4...0,75	$E > 10^2\pi H_В$
	0,4...1,4	$3{,}2 \cdot 10^2 H_п < E \leqslant 10^2\pi H$		
IV	Выше 0,2	$E > 10^2\pi H$	—	—

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: H — ПДУ облучения кожи для времени воздействия t; $H_{п.\,т}$ — ПДУ облучения роговицы глаза точечным источником для времени воздействия t; $H_п$ — ПДУ облучения роговицы глаза при угловом размере источника $\alpha = 10^{-1}d_л$ для времени воздействия t; $H_В$ — ПДУ энергетической экспозиции на роговице глаза для времени воздействия t по вторичным биологическим эффектам при фоновой освещенности роговицы глаза $\Phi_р = 10^{-2}$ лк; t — время воздействия ЛИ принимается равным $3 \cdot 10^4$ с при определении величин H, $H_В$ и не должно превышать 0,25 с при определении величин $H_{п.\,т}$, $H_п$; $d_л$ — начальный диаметр пучка, см, по уровню e^{-2}.

1. Термическое (тепловое) действие — при фокусировке лазерного излучения выделяется значительное количество теплоты в небольшом объеме за короткий промежуток времени.

2. Энергетическое — определяется большим градиентом электрического поля, обусловленного высокой плотностью мощности. Это действие может вызывать поляризацию молекул, резонансные и другие эффекты.

3. Фотохимическое действие — проявляется в выцветании ряда красителей.

4. Механическое действие — проявляется в возникновении колебаний типа ультразвуковых в облучаемом организме.

5. Электрострикция — деформация молекул в электрическом поле лазерного излучения.

6. Образование в пределах клетки микроволнового электромагнитного поля.

Под воздействием лазерного излучения происходит нарушение жизнедеятельности как отдельных органов, так и организма в целом. При действии на клетки, ткани и организм в них возникают гистохимические и биохимические изменения, а также патофизиологические эффекты (табл. 60).

60. Повреждение органов зрения и биологические эффекты при облучении лазерным излучением [4; 5]

Ультрафиолетовая область	Видимая область	Инфракрасная область
Разрушение молекул белка роговой оболочки и ожог конъюнктивы глаза	Ожог и разрушение сетчатой и сосудистой оболочек от обратимого повреждения до слепоты	Излучение поглощается радужной оболочкой, хрусталиком и стекловидным телом
Болевые ощущения возникают через секунды, повреждение глаз — через несколько минут, часов, дней		Богатая пигментом радужная оболочка нагревается за счет теплопроводности
Слепота		Повреждение глаза происходит через большой промежуток времени (из-за нагрева роговой оболочки сразу же возникает мигательный рефлекс)
		В тяжелых случаях повреждение необратимое — слепота
Различные фотохимические реакции, эритема, разрыв химических связей большинства молекул, входящих в состав живой ткани, различные перерождения, стимулирование появления новообразований, образование свободных радикалов, действие на внутренние органы	В основном термическое действие	Выраженные деструктивные изменения термического характера (ожоги различной степени), микроскопические (гистологические и гистохимические) изменения, поражение внутренних органов

При больших интенсивностях облучения возможны повреждения внутренних органов, которые имеют характер отеков, кровоизлияния, кровотечения, омертвления тканей и др. При воздействии на кровь отмечается деформация красных кровяных телец, разрушение оболочки эритроцита и выброс обесцвеченной коагулированной массы через отверстие.

Нормирование ЛИ основывается на «Санитарных нормах и правилах устройства и эксплуатации лазеров» СНиП 2392—81, которые устанавливают ПДУ ЛИ в диапазоне длин волн 0,2...20 мкм и регламентируют ПДУ на роговице, сетчатке и коже. В качестве ПДУ принимается энергетическая экспозиция H (Дж/см^2), под которой понимается отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка. Предельно допустимые уровни зависят от следующих параметров: длины волн лазерного излучения λ, мкм; длительности импульса τ, с; частоты повторения импульсов f, Гц; длительности воздействия t, с. В диапазоне 0,4...1,4 мкм ПДУ также зависит от углового размера источника излучения α, рад, или диаметра пятна засветки на сетчатке $d_с$, см; диаметра зрачка глаза — $d_з$, см. В диапазоне 0,4...0,75 ПДУ зависит также от фоновой освещенности роговицы $\Phi_р$, лк.

При одновременном воздействии ЛИ с различными параметрами на один и тот же участок тела человека и при условии суммирования биологических

эффектов сумма отношений уровней лазерного излучения $H^{(1,2\ldots)}$ к их ПДУ $H^{(1,2\ldots)}_{\text{ПДУ}}$ не должна превышать единицы:

$$\frac{H^{(1)}}{H^{(1)}_{\text{ПДУ}}}+\frac{H^{(2)}}{H^{(2)}_{\text{ПДУ}}}+\cdots+\frac{H^{(n)}}{H^{(n)}_{\text{ПДУ}}}\leqslant 1.$$

Органы, по которым суммируются биологические эффекты, приведены в СНиП 2392—81.

Дозиметрический контроль ЛИ для лазеров II—IV классов и лазерных установок осуществляется периодически, не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора, а также в следующих случаях: при приемке в эксплуатацию новых лазеров II—IV классов; при внесении изменения в конструкцию действующих лазеров (установок); при изменении конструкции средств защиты; при организации новых рабочих мест.

Уровни лазерного облучения следует измерять при работе лазера (установки) в режиме максимальной отдачи мощности (энергии), определенном

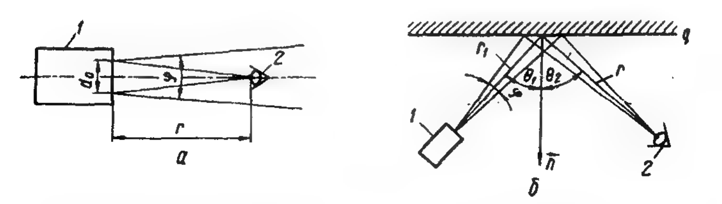


Рис. 36. Схема облучения глаза:

а — прямым лазерным излучением; *б* — вторичным (зеркально отраженным, диффузно отраженным и рассеянным) лазерным излучением; *1* — лазер; *2* — орган зрения; *q* — отражающая поверхность.

условиями эксплуатации. Методы и аппаратура дозиметрического контроля ЛИ изложены в ГОСТ 12.1.031—81 «ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения».

Расчет интенсивности облучения лазерным излучением проводится в зависимости от засветки глаза. Схема расчета облученности роговицы глаза показана на рис. 36. Для наблюдателя, находящегося непосредственно в конусе узконаправленного луча лазера *1* (рис. 36, *а*), облученность роговицы глаза *2*

$$E=\frac{4PK_1}{\pi\,(d_0+r\varphi)^2},$$

где P — выходная мощность, Вт, или энергия, Дж, излучения; K_1 — коэффициент ослабления излучения на пути от лазера до роговицы глаза $K_1=e^{-\sigma r}$; σ — ослабление воздушной средой, зависит от дальности видимости $\sigma = 3{,}9/V$; V — дальность видимости, см; d_0 — диаметр выходного окна лазера, см; r — расстояние от выходного окна лазера до роговицы глаза, см; φ — угол расходимости луча, рад; $\varphi = 2{,}44\ \lambda/d_0$; λ — длина волны излучения, см.

На рис. 36, *б* показано облучение роговицы глаза *2* лучом лазера *1*, отраженным от поверхности. Поверхность q расположена на расстоянии r_1 от выходного окна лазера, θ_1 — угол между нормалью к поверхности и направлением распространения излучения. Энергетическая освещенность поверхности в этом случае

$$E_{\text{п}}=PK_1/S_q=4PK_1/\pi\,(d_0+r_1\varphi)^2,$$

где S_q — площадь пятна на поверхности q, см².

Для глаза 2 поверхность q является источником излучения, излучательная способность которого

$$R_э = PK_1\rho/S_q = E_п\rho_1,$$

где ρ — альбедо (коэффициент отражения от поверхности q).

Поверхность q как источник излучения удобно характеризовать энергетической яркостью L, Вт/(см^2· ср). При диффузном отражении энергетическая яркость источника не зависит от угла наблюдения θ_2 и связана с энергетическим потоком лазерного излучения соотношением $L = 4PK\rho\cos\theta_1/(\pi^2(d_0+r_1\varphi)^2) = R_э/\pi$.

Рис. 37. Функциональная схема системы обеспечения лазерной безопасности.

Если падающее излучение зеркально отражается от поверхности (в этом случае угол наблюдения θ_2 равен углу падения θ_1, а $\rho = 1$), то энергетическая яркость такого источника

$$L = R_э/(\Omega\cos\theta_1) = 4PK_1/\pi^2(d_0+r_1\varphi)^2\theta^2,$$

где Ω — телесный угол, в котором распространяется излучение.

Облученность роговицы глаза наблюдателя, находящегося на расстоянии r_2 от поверхности q, равна произведению энергетической яркости источника в направлении наблюдения на значение телесного угла, под которым он виден из точки наблюдения:

$$E_р = LK_{ср}Sq\cos\theta_2/r_2^2,$$

где $K_{ср}$ — коэффициент ослабления излучения на пути от поверхности до наблюдателя. В производственных условиях, где расстояния не превышают десятков метров, значения коэффициентов K_1 и $K_{ср}$ принимаются равными единице.

Методика расчета облученности сетчатки для всех четырех типов засветки глаза приведена в работах [4; 10].

Мероприятия по обеспечению лазерной безопасности осуществляются в соответствии с нормативными документами: «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» 2392—81 и ГОСТ 12.01.040—83 «ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения».

Данные нормативные документы включают в себя организационные, инженерно-технические, планировочные, санитарно-гигиенические и другие мероприятия и требования, обеспечивающие уменьшение плотности мощности или энергии на рабочих местах до значений, намного меньших ПДУ (рис. 37).

Лазеры II—IV классов до начала их эксплуатации должны быть приняты комиссией, назначенной администрацией, с обязательным включением в ее состав представителя Госсаннадзора. Решение комиссии оформляется актом.

Действующие лазерные установки следует размещать в отдельных, специально выделенных помещениях или отгороженных частях помещений. Лазеры IV класса должны размещаться только в отдельных помещениях. Само помещение, установки и предметы не должны иметь зеркальных поверхностей, отражающих лазерное излучение.

Внутренняя поверхность помещения, а также предметы, находящиеся в этом помещении (за исключением используемых в работе элементов оптических систем), не должны иметь поверхностей с коэффициентом отражения больше 0,4. Стены, потолок, пол помещения и предметы, находящиеся в помещении, должны иметь матовую поверхность, обеспечивающую рассеянное отражение света при возможно меньшем коэффициенте отражения на длине волны излучения. Перегородки выполняют из непроницаемого для лазерного излучения материала. Стены окрашивают до потолка, двери — под цвет стен.

С целью предотвращения облучения запрещается ориентировать луч на окна, двери и другие некапитальные сооружения, пропускающие излучения. Ограничивается доступ в помещения лиц, не имеющих отношения к эксплуатации лазеров. В связи с этим на дверях помещений, которые должны быть постоянно закрыты, устанавливается предупредительная звуковая и световая сигнализация, которая должна быть сблокирована с началом зарядки батарей конденсаторов либо с включением лазеров. Предупредительная сигнализация устанавливается и внутри помещения для того, чтобы персонал принимал соответствующие меры предосторожности и защиты от облучения. На дверях вывешивается предупредительный знак лазерной опасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026—76 и табло «Посторонним вход воспрещен» (для лазеров II—IV классов).

На рабочем месте необходимо иметь схему с указанием опасной зоны. Размеры этой зоны определяют расчетным или экспериментальным (предпочтительнее) методом (рис. 38).

Для фона мишени рекомендуется темная краска с высоким коэффициентом поглощения, а для окружающей площади — светлая. Помещение должно иметь высокую освещенность и удовлетворять требованиям СНиП II-4—79. Коэффициент естественной освещенности должен составлять не менее 1,5 %. Искусственное освещение в помещении должно быть комбинированным и обеспечивать освещенность не ниже минимально допустимой по санитарным нормам. При этом общее исскуственное освещение должно создавать освещенность не менее 150 лк. Приточно-вытяжная вентиляция в помещении должна соответствовать требованиям СНиП 2.04.05—84.

В технологических процессах должны применяться лазерные установки закрытого типа. Запрещается обслуживать лазеры III, IV классов одному человеку.

Управление работой лазеров IV класса должно быть дистанционным. При размещении таких лазеров в специальном помещении должна быть обеспечена блокировка входной двери.

При использовании лазеров II, III классов в целях исключения облучения персонала необходимо ограждать опасную зону или экранировать пучок излучения. Экраны и ограждения должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения на длине волны генерации лазера, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

Экраны, которые должны поглощать излучение и при этом быть прозрачными на всем или на части участка видимого диапазона длин волн (частично прозрачные экраны), должны изготовляться из специальных стекол или из органического стекла с соответствующей спектральной характеристикой. Оптическая плотность такого экрана на длине волны излучения должна быть достаточной для ослабления интенсивности облучения.

Для снижения уровня отраженного излучения линзы, призмы и другие твердые, с зеркальной поверхностью предметы на пути луча должны снабжаться блендами. Следует также устанавливать защитные экраны-диафрагмы с отверстием, диаметр которого несколько превышает диаметр луча (рис. 39). В этом случае через отверстие проходит только прямое излучение, отраженные лучи от объекта попадают на экран, который их частично поглощает и рассеивает.

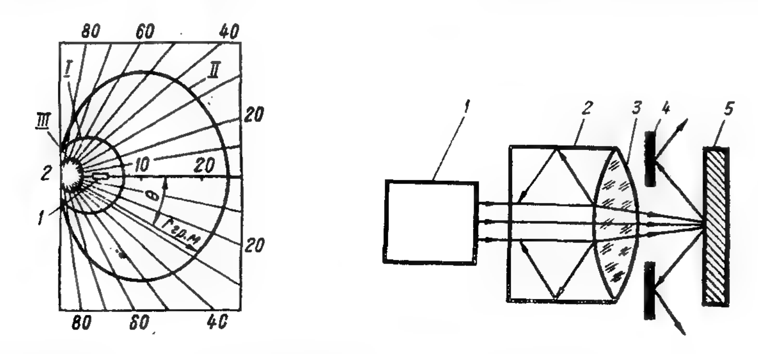


Рис. 38. Схема лазерно опасной зоны:
1 — лазер; 2 — мишень; I — границы зоны, при которой энергетическая яркость диффузно отражающей поверхности равна ПДУ; II — граница лазерно опасной зоны для органов зрения; III — граница зоны, внутри которой излучение представляет опасность для кожного покрова — зона повышенной опасности (требуется защита органов зрения и кожного покрова).

Рис. 39. Схема экранирования отраженного лазерного излучения блендами и диафрагмами:
1 — лазер; 2 — бленда; 3 — линза; 4 — диафрагма; 5 — мишень.

В случае, когда коллективные средства защиты не позволяют обеспечить выполнение требований безопасности, должны применяться СИЗ. К ним относятся технологические халаты, перчатки (для защиты кожных покровов), очки, щитки и маски (для защиты органов зрения и лица).

Светофильтры защитных очков должны обеспечивать снижение интенсивности облучения глаз лазерным излучением до ПДУ. Марки стекол, рекомендуемые для использования в противолазерных очках, приведены ниже.

Длина волны, мкм	*Марка стекол (ГОСТ 9411—75)*
0,48—0,51	ОС-12, ОС-13, ОС-23-1
0,53	ОС-12, ОС-13, ОС-21
0,69	СЗС-21, СЗС-22
0,84	СЗС-21, СЗС-22
1,06	СЗС-21, СЗС-22, СЗС-24
1,54	СЗС-24, СЗС-25, СЗС-26
10,6	БС-15

Примечание. ОС — оранжевое стекло, СЗС — сине-зеленое стекло, БС — бесцветное стекло.

При работе с лазерами IV класса опасности должны использоваться защитные маски.

Защитные очки не имеют универсального значения, а предназначены для защиты от излучений определенной длины волн [9; 10]. Стекла установленной окраски должны иметь соответствующую оптическую плотность

$$D_\lambda = \lg (\psi_\lambda / \psi_{\lambda ПДУ}),$$

где ψ_λ — плотность мощности или энергии на длине волны λ, образующаяся в результате эксплуатации лазеров; $\psi_{\lambda ПДУ}$ — ПДУ для данной волны.

Толщина светофильтра d, мм, устанавливается в зависимости от спектральной характеристики стекла:

$$d = (D_\lambda - K_\rho)/K_\lambda,$$

где K_ρ — поправка на отражение, равная 0,038; для стекла ОС = 0,039; K_λ — показатель поглощения цветного стекла.

Технологические халаты изготовляют из хлопчатобумажного или из бязевого материала светло-зеленого или голубого цвета.

Список литературы

1. **Альбом** эпюр облучения рабочих мест (элементарной площадки) от основных типоразмеров горячих промышленных источников: Спр.— метод. пособие / А. Ф. Бабалов, Р. А. Сырачев, Н. Г. Семилетов, А. С. Сокальский.— Тбилиси: Мецниереба, 1978.— 80 с.
2. **Бабалов А. Ф., Сарычев Р. А., Михайлов Л. С.** Альбом технических средств защиты рабочих мест от тепловых излучений в горячих производствах: Справочник.— Тбилиси: Мецниереба, 1978.— 45 с.
3. **Безопасность** труда на производстве. Защитные устройства: Справ. пособие / Под ред. Б. М. Злобинского.— М.: Металлургия, 1971.— 436 с.
4. **Гигиена** труда и профилактика профессиональной патологии при работе с лазерами / В. П. Жохов, А. А. Комаров, Л. И. Максимова и др.— М.: Медицина, 1988.— 208 с.
5. **Гигиена** труда при воздействии электромагнитных полей / Под ред. В. Е. Ковшило.— М.: Медицина, 1983.— 170 с.
6. **Гранкин В. Я.** Лазерное излучение.— М.: Воениздат, 1977.— 382 с.
7. **Рахманов Б. Н., Чистов Е. Д.** Безопасность при эксплуатации лазерных установок.— М.: Машиностроение, 1981.— 113 с.
8. **Санитарные** нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров № 2392—81.— М.: Медицина, 1981.— 40 с.
9. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.— 176 с.
10. **Степанов А. Г., Сабарно Р. В.** Техника безопасности при эксплуатации лазерных установок.— К.: Техніка, 1989.— 110 с.
11. **Электробезопасность** на промышленных предприятиях: Справочник /Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харланов.— К.: Техніка, 1985.— 288 с.

Глава 10

ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

10.1. Взаимодействие со средой и проникающая способность ионизирующих излучений

Проникающая способность ионизирующих излучений зависит от вида излучений, их начальной энергии, расхода энергии на ионизацию и тормозное излучение, атомной массы, порядкового номера и плотности поглощающего вещества.

α-излучение по мере прохождения через вещество расходует свою энергию на ионизацию. При уменьшении энергии до определенного уровня α-частицы не способны произвести ионизацию, они присоединяют к себе два электрона и превращаются в атом гелия. Длина пробега α-частицы в веществе зависит от ее начальной энергии E_α, МэВ, порядкового атомного номера Z, атомной массы A и плотности поглощающего вещества ρ, г/см³. Для воздуха, см, $l_\alpha = 0{,}318 F_\alpha^{3/2}$. Для других сред, мкм, $l_{\alpha,x} = A_x \sqrt{E_\alpha^3}/(\rho_x \sqrt[3]{Z_x^2})$.

Пробег α-частиц в воздухе составляет 2...11 см. Пробег α-частиц в воздухе, биологической ткани и алюминии приведены в табл. 61. Слой биологической ткани толщиной 130 мкм поглощает α-частицы с энергией E_α = 10 МэВ, при этом при расчете принимают, что $A_{тк} = 15{,}7$; $Z_{эфф} = 7{,}5$; $\rho_{тк} = 1$ г/см³.

61. Пробег α-частиц в воздухе, биологической ткани и алюминии [1; 2]

Энергия α-частиц, мэВ	Воздух, см	Биологическая ткань, мкм	Алюминий, мкм	Энергия α-частиц, мэВ	Воздух, см	Биологическая ткань, мкм	Алюминий, мкм	Энергия α-частиц, МэВ	Воздух, см	Биологическая ткань, мкм	Алюминий, мкм
4	2,37	26,2	16,5	6	4,37	48,8	28,8	8,5	8,10	81,0	48,0
4,5	2,82	31,2	19,2	6,5	4,96	55,5	32,4	9,0	8,66	94,4	52,2
5	3,29	36,7	22,2	7	5,58	62,4	36,2	9,5	9,30	103,0	57,0
5,5	3,82	42,6	25,4	7,5	6,23	69,9	40,1	10	10,2	112	61,6
				8	7,19	78,0	43,4				

β-излучение при взаимодействии с веществом основную энергию расходует на ионизацию и часть на образование тормозного излучения. Если обозначить через η отношение потерь энергии β-частицей на тормозное излучение к потере энергии β-частицей на ионизацию и возбуждение атомов, то получим следующее выражение:

$$\eta = E_\beta Z_x / 800,$$

где E_β — энергия β-частицы, МэВ.

Из приведенного выражения видно, что при прохождении β-частицы со значительной энергией через вещество с большим атомным номером тормозные потери будут соизмеримы с ионизационными и, следовательно, возникает интенсивное тормозное (рентгеновское) излучение, которое необходимо учитывать при защите от β-излучения.

Мощность дозы тормозного излучения можно рассчитать по данным табл. 62.

Траектория β-частиц в веществе представляет собой ломаную линию из-за многократного рассеяния β-частиц в веществе. При этом полная длина пути β-частицы превышает толщину поглощающего слоя. Длина пробега β-частицы, как и α-частицы, зависит от материала поглотителя и энергии частицы.

62. Энергетическое распределение тормозного излучения β-частиц и моноэнергетических электронов [1; 2]

Энергетический интервал в долях E_i или $E_{\beta i}$	Доля полной энергии тормозного излучения, %		Энергетический интервал в долях E_i или $E_{\beta i}$	Доля полной энергии тормозного излучения, %		Энергетический интервал в долях E_i или $E_{\beta i}$	Доля полной энергии тормозного излучения, %	
	для β-частиц	для моноэнергетических электронов		для β-частиц	для моноэнергетических электронов		для β-частиц	для моноэнергетических электронов
0—0,1	43,5	26,9	0,3—0,4	8,3	12,1	0,7—0,8	0,2	2,8
0,1—0,2	25,8	20,5	0,4—0,5	4,3	9,0	0,8—0,9	0,03	1,5
0,2—0,3	15,2	15,8	0,5—0,6	2,0	6,5	0,9—1,0	0,00	0,4
			0,6—0,7	0,7	4,5			

Для воздуха, см, $l_\beta = 450\ E_\beta$, в алюминии, мм, при $0{,}5 \leqslant E \leqslant 10$ МэВ $l_{\beta \mathrm{Al}} = 2{,}5\ E$.

Приближенно пробег в любом веществе определяют по соотношению

$$l_{\beta x} = l_{\beta \mathrm{Al}} (Z/A)_{\mathrm{Al}} / (Z/A)_x,$$

где Z и A — атомный номер и атомная масса.

Для получения величин пробега в сантиметрах указанные выражения делят на плотность данного вещества: $l'_{\beta x} = l_{\beta x}/\rho_x$.

Длина пробега моноэнергетических электронов в различных средах приведена в табл. 63.

63. Максимальный пробег моноэнергетических электронов в различных веществах [1; 2]

E_e, МэВ	Биологическая ткань, г/см²	Вода, см	Воздух, см	Алюминий, мм	Железо, мм	Медь, мм	Свинец, мм
0,01	$2{,}17 \cdot 10^{-14}$	$2{,}46 \cdot 10^{-4}$	0,213	$1{,}30 \cdot 10^{-3}$	$5{,}43 \cdot 10^{-4}$	$5{,}11 \cdot 10^{-4}$	$7{,}27 \cdot 10^{-4}$
0,03	$1{,}70 \cdot 10^{-8}$	$1{,}68 \cdot 10^{-3}$	1,547	$2{,}74 \cdot 10^{-3}$	$3{,}49 \cdot 10^{-3}$	$3{,}24 \cdot 10^{-3}$	$3{,}91 \cdot 10^{-3}$
0,05	$4{,}27 \cdot 10^{-3}$	$4{,}19 \cdot 10^{-3}$	3,805	$2{,}11 \cdot 10^{-2}$	$8{,}36 \cdot 10^{-3}$	$7{,}73 \cdot 10^{-3}$	$8{,}91 \cdot 10^{-3}$
0,07	$7{,}68 \cdot 10^{-3}$	$7{,}56 \cdot 10^{-3}$	6,289	$3{,}78 \cdot 10^{-2}$	$1{,}48 \cdot 10^{-2}$	$1{,}37 \cdot 10^{-2}$	$1{,}53 \cdot 10^{-2}$
0,1	$1{,}42 \cdot 10^{-2}$	$1{,}40 \cdot 10^{-2}$	12,61	$7{,}00 \cdot 10^{-2}$	$2{,}69 \cdot 10^{-2}$	$2{,}48 \cdot 10^{-2}$	$2{,}73 \cdot 10^{-2}$
0,3	$8{,}36 \cdot 10^{-2}$	$8{,}26 \cdot 10^{-2}$	19,64	$4{,}0 \cdot 10^{-1}$	$1{,}53 \cdot 10^{-1}$	$1{,}40 \cdot 10^{-1}$	$1{,}45 \cdot 10^{-1}$
0,5	$1{,}75 \cdot 10^{-1}$	$1{,}74 \cdot 10^{-1}$	154,7	$8{,}3 \cdot 10^{-1}$	$3{,}16 \cdot 10^{-1}$	$2{,}28 \cdot 10^{-1}$	$2{,}91 \cdot 10^{-1}$
0,7	$2{,}76 \cdot 10^{-1}$	$2{,}70 \cdot 10^{-1}$	242,8	1,30	$4{,}92 \cdot 10^{-1}$	$4{,}48 \cdot 10^{-1}$	$4{,}44 \cdot 10^{-1}$
1,0	$4{,}41 \cdot 10^{-1}$	$4{,}29 \cdot 10^{-1}$	379,7	2,03	$7{,}63 \cdot 10^{-1}$	$6{,}95 \cdot 10^{-1}$	$6{,}73 \cdot 10^{-1}$
1,5	$6{,}98 \cdot 10^{-1}$	$6{,}96 \cdot 10^{-1}$	603,2	3,27	1,22	1,10	1,04
2,0	$9{,}80 \cdot 10^{-1}$	$9{,}59 \cdot 10^{-1}$	835,3	4,48	1,67	1,50	1,38
3,0	1,52	1,48	1276,1	6,85	2,52	2,28	2,02
4,0	2,05	2,00	1709,2	9,19	3,34	3,00	2,58
5,0	2,56	2,49	2095,9	11,4	4,11	3,69	3,10
7,0	3,55	3,46	2100,2	15,7	5,57	4,98	4,02
9,0	4,50	4,40	3650,4	19,7	6,92	6,17	4,82
10,0	4,97	4,86	4013,9	21,6	7,55	6,73	6,18

Ослабление плотности потока β-излучения непрерывного спектра, прошедшего через слой вещества толщиной X, происходит по закону

$$\varphi_X = \varphi_0 \exp(-\mu X),$$

где φ_X — плотность потока частиц за слоем поглотителя толщиной X; φ_0 — плотность потока без поглотителя; μ — линейный коэффициент ослабления, см$^{-1}$.

С μ связана другая характеристика β-излучения — слой половинного ослабления $\Delta\beta$. Толщина слоя материала, в котором плотность потока β-частиц ослабляется в два раза, называется слоем половинного ослабления:

$$\varphi_0/\varphi_X = e^{\mu X}; \qquad 2 = e^{\mu\Delta\beta},$$

тогда $\Delta_\beta = 0{,}693/\mu$.

Для алюминия установлена эмпирическая зависимость между слоем половинного ослабления, см, и граничной энергией электронов β-спектра, МэВ

$$\Delta_{\beta \mathrm{Al}} = 0{,}0115 E_\beta^{1,33} = 3{,}15 \cdot 10^{-2} E_\beta^{1,33}/\rho_{\mathrm{Al}}.$$

Для других материалов слой половинного ослабления $\Delta_{\beta X}$, г/см², можно определить в зависимости от E_β, МэВ, по формуле

$$\Delta_{\beta X} = 0{,}095\,(Z/A)\,E_\beta^{3/2}.$$

В табл. 64 приведены значения слоя половинного ослабления β-частиц для алюминия.

64. Слой половинного ослабления, мг/см², для алюминия в зависимости от граничной энергии β-частиц с непрерывным спектром [1]

E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²	E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²	E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²	E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²	E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²	E_β, МэВ	$\Delta\beta$, мг/см²
0,15	2,7	0,80	37	2,0	140	0,50	17,5	1,4	87	2,8	195
0,20	3,8	0,90	45	2,2	150	0,60	24	1,6	107	3,0	210
0,30	7,0	1,0	53	2,4	168	0,70	30	1,8	121		
0,40	11,7	1,2	70	2,6	180						

Нейтронное излучение состоит в том, что нейтроны при прохождении через вещество взаимодействуют только с ядрами атомов, передают им часть своей энергии, а сами изменяют направление своего движения. Ядра атомов «выскакивают» из электронной оболочки и, проходя через вещество, производят ионизацию. Нейтроны также создают и наведенную радиоактивность. Нейтрон теряет значительную часть своей энергии при столкновении с атомом водорода. Поэтому в качестве замедлителей нейтронов используют легкие вещества — углерод, парафин.

Ослабление узкого коллимированного пучка нейтронов тонким слоем вещества происходит по закону

$$\varphi_X = \varphi_0 \exp(-N\sigma_t X),$$

где φ_0 и φ_X — плотность потока нейтронов до и после прохождения ими слоя вещества толщиной X; N — число ядер в 1 см³ вещества; σ_t — полное микроскопическое сечение (на одно ядро) взаимодействия нейтронов с ядрами, представляющее собой сумму сечений всех возможных видов взаимодействия (σ_S^{el} — упругого рассеяния, σ_S^{in} — неупругого рассеяния, σ_c — радиационного захвата и подобных ядерных реакций с образованием заряженных частиц, в том числе σ_f — реакции деления ядра). При этом удобно все взаимодействия, в результате которых нейтроны поглощаются (кроме деления), объединить одним сечением σ_a поглощения $\sigma_a = \sigma_c + \sigma_r + \sigma_a \ldots$ Произведение микроскопического сечения σ (атомного сечения) на число N атомов в единице объема $N\sigma = \Sigma$ или $\Sigma = (\rho N_A/A)\sigma$ используют для вычисления ослабления плотности направленных потоков нейтронов, Σ, см$^{-1}$, фактически является линей-

ным коэффициентом ослабления потока нейтронов в веществе. Величина, обратная Σ, называется длиной релаксации нейтрона в веществе и характеризует ослабление плотности потока в $e = 2{,}71$ раза: $\lambda = 1/\Sigma$.

Плотность потока нейтронов на расстоянии R от точечного изотропного источника, испускающего N_0 моноэнергетических нейтронов в 1 с, определяется соотношением

$$\varphi_R = (N_0/4\pi R^2)\exp(-R/\lambda),$$

где λ — длина релаксации (см или г/см²), которая характеризует ослабление плотности потока нейтронов в 2,718 раза в используемой среде. Эта величина определяется либо экспериментально, либо рассчитывается и зависит от используемого детектора нейтронов, толщины, компоновки и геометрии среды, энергии детектируемых нейтронов и т. п.

Когда $\lambda \gg R$, пренебрегают экспоненциальной поправкой на ослабление и выражение принимает вид $\varphi = N_0/(4\pi R^2)$.

Рентгеновское и γ-излучение, прошедшие через вещество, различают по геометрии пучков: узкого («хорошая» геометрия) и широкого («плохая» геометрия). Геометрия узкого пучка характеризуется тем, что детектор регистрирует только нерассеянное излучение источника (провзаимодействовавшие со средой фотона не регистрируются). Геометрия, при которой детектор регистрирует нерассеянное и рассеянное излучения, называется геометрией пучка.

Основными процессами взаимодействия с веществом являются: фотоэлектрическое поглощение τ; комптоновское рассеяние $б$; образование пар — d. Поэтому линейный коэффициент ослабления, см⁻¹, представляют в виде $\mu = \tau + б + d$, который зависит от энергии фотонов (табл. 65, 66).

65. Линейный коэффициент ослабления, μ, см$^{-1}$, в зависимости от энергии фотонов [1; 2]

Энергия фотонов, МэВ	Воздух $\mu \cdot 10^{-3}$	Вода	Алюминий	Железо	Свинец	Энергия фотонов, МэВ	Воздух, $\mu \cdot 10^{-3}$	Вода	Алюминий	Железо	Свинец
0,01	6,22	4,99	69,9	1330	1390	0,60	0,10	0,09	0,20	0,60	1,33
0,02	0,87	0,70	8,61	196	932	0,80	0,09	0,08	0,18	0,52	0,95
0,03	0,39	0,32	2,70	61,3	324	1,00	0,08	0,07	0,16	0,47	0,77
0,04	0,28	0,23	1,33	27	151	1,25	0,07	0,06	0,15	0,42	0,66
0,05	0,24	0,20	0,86	14,2	82,1	1,50	0,07	0,06	0,13	0,38	0,56
0,06	0,22	0,19	0,65	8,72	50,8	2,00	0,06	0,05	0,12	0,33	0,51
0,08	0,20	0,17	0,48	4,22	23,6	2,75	0,04	0,04	0,10	0,29	0,48
0,10	0,19	0,16	0,42	2,60	60,3	3,00	0,04	0,04	0,09	0,28	0,47
0,15	0,17	0,15	0,35	1,4	21,8	4	0,04	0,03	0,08	0,26	0,47
0,20	0,16	0,13	0,32	1,06	10,7	5	0,03	0,03	0,08	0,25	0,48
0,30	0,14	0,12	0,28	0,83	4,25	6	0,03	0,03	0,7	0,24	0,49
0,40	0,12	0,10	0,25	0,72	2,44	8	0,03	0,02	0,06	0,23	0,52
0,50	0,11	0,10	0,22	0,65	1,70	10	0,02	0,02	0,06	0,23	0,55

Ослабление мощности дозы излучения $\dot{D}$ однородной защитой толщиной X в геометрии узкого пучка для плоского мононаправленного источника описывается уравнением

$$\dot{D}_X = \dot{D}_0 \exp(-\mu X) = \dot{D}_0 \exp(-0{,}693X/\Delta_{1/2}),$$

где D_0 — мощность дозы при $X = 0$; $\Delta_{1/2}$ — слой половинного ослабления узкого пучка [1].

66. Линейный коэффициент ослабления γ-излучения μ, $см^{-1}$, для некоторых материалов [1]

Материал	Плотность ρ, $г/см^3$	Энергия излучения $E_γ$, МэВ		
		1	3	6
Оксид бериллия	2,3	0,14	0,0789	0,0552
Висмут	9,8	0,7	0,409	0,440
Карбид бора	2,5	0,15	0,0825	0,0675
Огнеупорный кирпич	2,05	0,129	0,0738	0,0543
Силикатный кирпич	1,78	0,113	0,0646	0,0473
Углерод	2,25	0,143	0,0801	0,059
Глина	2,2	0,130	0,0801	0,059
Цемент	2,07	0,133	0,076	0,0559
Баритовый бетон	3,5	0,213	0,127	0,11
Портланд бетон	2,4	0,154	0,0878	0,0646
Стекло свинцовое	6,4	0,439	0,257	0,257
Парафин	0,89	0,646	0,0360	0,0246
Каучук	0,915	0,0662	0,0370	0,0254
Дуб	0,77	0,0521	0,0293	0,0203
Сосна	0,67	0,0452	0,0253	0,0175
Ткани человека	1,0	0,0699	0,0393	0,0274
Гранит	2,45	0,155	0,0887	0,0654
Известняк	2,91	0,187	0,109	0,0824
Песчаник	2,40	0,152	0,0871	0,0641
Песок	2,2	0,140	0,0825	0,0578
Сталь (1 % С)	7,83	0,460	0,276	0,234
Нержавеющая сталь	7,8	0,462	0,279	0,236

Рассеянные в веществе фотоны учитывают введением в формулу сомножителя — фактора накопления. Фактор накопления характеризует отношение показания детектора в геометрии широкого пучка к показанию детектора в геометрии узкого пучка [1].

10.2. Биологическое действие и принцип нормирования ионизирующих излучений

Работа с источниками ионизирующих излучений связана для обслуживающего персонала с невидимой опасностью. В результате воздействия излучения на человека в тканях происходят сложные физические, химические и биохимические процессы. Эти излучения ионизируют молекулы тканей. Процессы ионизации сопровождаются ультрафиолетовыми излучениями, возбуждающими молекулы клеток. Это ведет к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры соединений. Такое действие излучения называется прямым.

Как известно, в организме содержится около 75 % воды, под действием излучения образуются положительные и отрицательные ее ионы, которые нестойки и, распадаясь, дают водородные и гидроксильные ионы:

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH,$$

$$H_2O^- \rightarrow H + OH^-.$$

Последние, рекомбинируясь или соединяясь со свободным кислородом, дают химически активные перексид водорода H_2O_2, гидратный оксид HO_2 и др. Эти соединения взаимодействуют с молекулами органического вещества ткани, окисляя и разрушая ее. Такое действие излучения называется непрямым и наносит бóльший вред, чем прямое.

Таким образом, при поглощении ионизирующего излучения поражается биологическая ткань. Это поражение зависит от числа пар ионов, образу-

ющихся в единицу длины пробега частиц (удельная ионизация), или от линейной передачи энергии (ЛПЭ) в единицу пути ионизирующей частицы. Различные виды ионизирующих излучений оказывают различное биологическое действие. Поэтому для оценки биологического действия различного рода излучений введено понятие коэффициента качества излучения Q, который показывает, насколько биологическое действие сильнее, чем рентгеновское или γ-излучение, при одинаковой поглощенной энергии в 1 г ткани. Q зависит только от ЛПЭ [1].

Результат воздействия ионизирующих излучений на организм зависит от характера излучения, т. е. от того, находится ли источник облучения вне или внутри организма (попадание радиоактивной пыли, газов, паров с пищей или при вдыхании).

При внешнем воздействии наиболее опасными видами облучения являются γ-излучения и нейтронное как наиболее проникающие. При внутреннем облучении организма большую опасность представляют α- и β-излучения, вызывающие большую ионизацию. Кроме того, периодическое попадание радиоактивных веществ внутрь организма приводит к их накоплению и, в конечном счете, к увеличению ионизации атомов живой ткани.

В результате происшедших изменений нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ в организме нарушаются, что приводит к лучевой болезни, острой или хронической. Острые поражения возникают в результате облучения большими дозами в течение короткого времени, а хроническая лучевая болезнь может развиваться в результате систематического действия небольших доз внешней радиации. Действуя на кожу, ионизирующее излучение вызывает ожоги или сухость, выпадение волос, ломкость ногтей и т. д., а действуя на глаза — катаракты.

67. Клинические эффекты

Показатель	Клинический		
	0—1	1—2	2—6
Рвота	—	1 Гр — 5 % 1 Гр — 50 %	От 3 Гр — 100%
Время, через которое появляется первичная реакция	—	3 ч	2 ч
Основной поражаемый орган	—		Кроветворная
Характерные симптомы	—	Умеренная лейкопения	Тяжелая лейкопе инфекция, эпиля
Сроки критических изменений после облучения	—	—	4—6
Терапия	Психотерапия	Психотерапия, гематологическое наблюдение	Переливание крови, антибиотики
Прогноз	Благополучный	Благополучный	Осторожный
Срок выздоровления	—	Несколько недель	1—12 мес
Смертность	—	—	0—80 % (колеблется)
Срок наступления смерти	—	—	1,5—
Причина смерти	—	—	Геморрагия,

Примечание. 0—1 Гр — предклинический диапазон; 1—10 Гр — тера терапия; 6—10 Гр — возможна терапия; свыше 10 Гр — летальный диапазон,

Различают соматическое и генетическое воздействия. В первом случае речь идет о воздействии радиации на данное лицо или поколение, во втором — имеется в виду передача наследственных изменений, возникающих под влиянием радиации, потомству. Клинические эффекты, возникающие при равномерном кратковременном облучении всего тела, приведены в табл. 67.

Изменения, происходящие в организме, зависят от величины поглощенной им энергии. Для определения поглощенной энергии любого вида излучения в среде принято понятие поглощенной дозы излучения D. Единицей измерения является Грей (Гр) : 1 Гр = 1 Дж/кг. Допускается прежняя единица рад. 1 рад = 0,01 Гр.

Для оценки радиационной опасности излучения произвольного состава применяется эквивалентная доза H. В качестве единицы измерения H принят зиверт (Зв) : 1 Зв = 1 Дж/кг. Допускается также единица бэр (биологический эквивалент рада) : 1 бэр = 0,01 Зв. Зиверт равен одному Грею, деленному на $Q = 1$.

Для количественной оценки ионизирующего действия рентгеновского и γ-излучения в сухом атмосферном воздухе используется понятие экспозиционной дозы X. За единицу экспозиционной дозы принят кулон на килограмм, Кл/кг. Допускается также единица рентген Р; 1 Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Соотношение между поглощенной дозой излучения D и экспозиционной дозой X имеет вид:

$$D = fX,$$

где f — коэффициент, зависящий от энергии излучения, поглощения в среде и плотности среды, для воздуха $f = 0{,}85$.

В целях предупреждения соматических и сведéния к минимуму генетических последствий необходимо ограничивать дозы внешнего и внутреннего

при кратковременном облучении [1]

эффект при дозе, Гр		
6—10	10—15	Свыше 50
100 %	100 %	
1 ч	30 мин	
ткань	Желудочно-кишечный тракт	Центральная нервная система
ния, пурпура, геморрагия, ция при дозах более 3 Гр	Диарея, лихорадка, нарушение электролитического баланса	Судороги, тремор, атаксия, летаргия
недель	5—14 сут	1—48 ч
Возможна пересадка костного мозга	Поддерживание электролитического баланса	Успокаивающие средства
Неблагополучный	Безнадежный	
Продолжительный	—	
80—100 % (колеблется)	90—100 %	
2 мес инфекция	2 недели Циркуляторный коллапс	1—3 сут Нарушение дыхания

певтический диапазон; 1—2 Гр — клиническое наблюдение; 2—6 Гр — успешная паллиативная терапия.

облучений персонала и всего населения при применении, хранении и транспортировке радиоактивных веществ; при использовании ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц, рентгеновских аппаратов и других источников ионизирующих излучений.

В СССР установлены «Нормы радиационной безопасности» (НРБ—76/87) и «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП—72/87).

В соответствии с «Нормами радиационной безопасности» (НРБ—76/87) все лица, на которых возложено воздействие ионизирующих излучений, разделены на 3 категории: А, Б, В.

Категория А — персонал, т. е. лица, непосредственно работающие с источниками ионизирующих излучений (ИИИ).

Категория Б — ограниченная часть населения, т. е. лица, непосредственно не занятые на работе с ИИИ, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и излучений, применяемых в учреждениях и (или) удаляемых во внешнюю среду с отходами.

Категория В — население области, края, республики, страны.

Чувствительность различных тканей и органов человека к действию облучения неодинакова. Поэтому введено понятие критический орган — орган, ткань, часть тела или все тело, облучение которого в данных условиях причиняет наибольший ущерб здоровью данного лица или его потомства. НРБ—76/87 устанавливает три группы критических органов в порядке убывания радиочувствительности: I группа — все тело, гонады (половые железы—семенники и яичники) и красный костный мозг; II группа — мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением относящихся к I и III группам; III группа — кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

68. Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения

Группа критических органов	ПДД, мЗв	ПД, мЗв
I	50	5
II	150	15
III	300	30

Примечания: 1. Для категории А (за исключением женщин до 40 лет) распределение внешнего излучения в течение года не регламентируется.

2. Для женщин репродуктивного возраста вводится ограничение облучения на область таза, которое не должно превышать 10 мЗв за любые два месяца.

В целях предупреждения соматических и генетических последствий ограничивают дозы внешнего и внутреннего облучений. Для категории А и Б НРБ—76/87 устанавливает три класса нормативов: основные дозовые пределы, допустимые уровни и контрольные уровни.

В качестве основных дозовых пределов в зависимости от группы критических органов для категории А устанавливается предельно допустимая доза за год (ПДД), а для категории Б — предел дозы за год (ПД) (табл . 68).

ПДД — наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (категории А) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. ПДД не включают в себя дозы естественного фона и дозы, получаемые при медицинских обследованиях и лечении.

ПД устанавливается меньше ПДД для предотвращения необоснованного облучения и контролируется по усредненной для критической группы дозе.

При проектировании и планировании мероприятий по радиационной безопасности и при проведении радиационного контроля применяются следующие нормативы.

Для категории А: предельно допустимое годовое поступление (ПДП) радиоактивных веществ; допустимое содержание ($ДС_А$) радионуклидов в критическом органе; допустимые концентрации ($ДК_А$) радиоактивных

веществ в воздухе рабочей зоны; допустимая мощность дозы ($ДМД_А$) излучения:

$$ДМД_А = ПДД/3600T \text{ мЗв/с},$$

где T — = 2000 ч; допустимое загрязнение рабочей поверхности (ДЗ) кожных покровов и спецодежды.

Для категории Б: предел годового поступления (ПГП) радиоактивных веществ через органы дыхания и пищеварения; допустимые концентрации ($ДК_Б$) радиоактивных веществ в атмосферном воздухе и в воде; допустимая мощность дозы ($ДМД_Б$); допустимая плотность потока ($ДПП_Б$); допустимое загрязнение кожных покровов, одежды и поверхностей ($ДЗ_Б$).

Значения ПДП, ПГП, ДС, ДК приведены в НРБ—76/87.

Для планирования мероприятий по защите и для оперативного контроля устанавливаются контрольные (рабочие) уровни поступления радиоактивных веществ, содержания их в организме, концентрации радиоактивных веществ в воздухе, воде водоемов, мощности дозы излучения, загрязнения поверхностей и т. п. Контрольные уровни устанавливаются для категории А — администрацией учреждения по согласованию с органами Госсаннадзора; для категории Б — органами Госсаннадзора по представлению администрации. Контрольные уровни принимаются на основе средних показателей за смену для категории А и за месяц для категории Б.

Максимальная индивидуальная эквивалентная доза облучения H персонала не должна превышать ПДД за год, указанной в табл. 68, а доза, накопленная к возрасту 30 лет, не должна превышать 12 ПДД для уменьшения вероятности генетических последствий. Формула допустимого (внешнего и внутреннего) облучения персонала в зависимости от времени T (лет) с начала профессиональной работы $H = ПДД_t T$.

При сочетании внешнего и внутреннего облучения и поступления нескольких радионуклидов в организм должно выполняться условие, при котором сумма отношений эквивалентной дозы всех видов внешнего излучения на данный критический орган к соответствующей ПДД и отношений поступления в организм радионуклидов к их ПДП (ПГП или ДС) не превышали бы единицы:

$$\sum \frac{H_i}{ПДД_i} + \sum \frac{П_j}{ПДП_j} \leqslant 1,$$

где H_i — эквивалентная доза i-го излучения на данный орган; $П_j$ — поступление j-го радионуклида.

При спасении жизни людей, для предотвращения крупной аварии и переоблучения большого количества людей допускается облучение ряда лиц дозой, превышающей в два или пять раз предельно допустимую, в порядке, предусмотренном НРБ—76/87. В каждом отдельном случае необходимо предварительно информировать персонал о возможном риске и возможных последствиях переоблучения. Такое облучение может допускаться с разрешения руководства предприятия и согласия исполнителя.

Однократное внешнее облучение свыше 5 ПДД или однократное поступление радионуклидов свыше 5 ПДД должно рассматриваться как потенциально опасное, работника после облучения необходимо направить на медицинское обследование.

Каждое аварийное облучение свыше 2 ПДД или 5 ПДД следует так скомпенсировать в последующие пять или десять лет, чтобы накопленная доза не превышала значения, определяемого формулой.

10.3. Радиационный контроль

При работе с ИИИ должен проводиться систематический контроль мощности дозы излучений, радиоактивной загрязненности одежды, оборудования, воды, воздуха, а также суммарной дозы облучения, осуществляемый специальной дозиметрической службой или специально выделенным лицом.

Радиационный контроль должен быть организован так, чтобы в помещениях, где ведутся работы на стационарных установках с источниками с керма-эквивалентом более 2000 нГр · м²/с (1 г · экв. Ra) с нейтронными источниками с выходом более 10^9 нейтр./с, с делящимися материалами, а также на ядерных реакторах и критических сборках были установлены дозиметрические приборы с автоматическими звуковыми и световыми сигнализирующими устройствами. При необходимости предусматривается сигнализация трех уровней: нормального, предварительного, аварийного.

При проведении оперативного дозиметрического контроля согласно НРБ—76/87 следует руководствоваться допустимыми и контрольными уровнями. Объем контроля устанавливается в зависимости от радиационной обстановки и может включать контроль за мощностью дозы β-, γ-, *n*- и других излучений: содержанием газов и аэрозолей в воздухе и радионуклидов в жидких отходах; выбросом радионуклидов в атмосферу; уровнем загрязнения радионуклидами поверхностей, кожных покровов и одежды, объектов внешней среды, транспортных средств, индивидуальной дозой внешнего и внутреннего облучения.

Персонал, работающий с делящимися веществами, на ядерных реакторах и критических сборках, а также в условиях непосредственного аварийного облучения, должен быть обеспечен индивидуальными аварийными дозиметрами. Персонал, для которого маловероятно облучение свыше 1/3 ПДД, необязательно обеспечить индивидуальными дозиметрами, позволяющими контролировать квартальную, годовую и дневную дозы внешнего облучения.

10.4. Расчет доз излучений

При разработке планов выполнения работ с ИИИ необходимо предварительно рассчитывать возможные дозы облучения и в случае превышений ПДД разработать меры защиты.

Мощность воздушной кермы (дозы) в воздухе* от точечного источника γ-излучения или воздушную керму (дозу в воздухе) за некоторый интервал времени T в отсутствии фильтрации γ-излучения находят по формулам

$$\dot{K} = \Gamma_б A/R^2; \qquad \dot{D} = \Gamma_б A/R^2;$$

при $T_{1/2} \leqslant T$

$$K = \dot{K}_0/\lambda\,[1 - \exp(-\lambda T)]; \qquad D = \dot{D}_0/\lambda\,[1 - \exp(-\lambda T)];$$

при $T_{1/2} \gg T$

$$K = \dot{K}_0 T = A\Gamma_б T/R^2; \qquad D = \dot{D}_0 T = A\Gamma_б T/R^2,$$

где $\Gamma_б$ — керма — постоянная радионуклида, Гр · м²/(С · Бк); A — активность радионуклида, Бк; R — расстояние от радионуклида до персонала, м; λ — постоянная распада, $с^{-1}$; T — длительность воздействия, с.

Расчет мощности воздушной кермы от протяженных источников (линейных, поверхностных и объемных) следует производить в соответствии с формулами, приведенными в работе [1].

10.5. Методы и средства защиты

В зависимости от условий облучения, характера и местонахождения источника излучения могут быть применены различные средства и методы защиты от облучения: защита временем, защита расстоянием, экранирование источников излучения, средства индивидуальной защиты и применение радиопротекторов.

Защита временем. Важное значение имеет уменьшение времени нахождения персонала в зоне ионизирующего излучения. Как показывают формулы, приведенные выше, поглощенная доза и керма будут меньше, чем

---

* Для воздуха мощность воздушной камеры $\dot{K}$ практически совпадает с мощностью поглощенной дозы $\dot{D}$.

меньше длительность облучения. Допустимое время пребывания персонала в опасной зоне, ч, в течение суток определяется из соотношения

$$t_{доп} = 0{,}2/\dot{D} = 0{,}2/\dot{K},$$

где 0,2 мГр = 0,2 · 10^6 нГр — допустимая суточная доза для персонала; $\dot{D}$, $\dot{K}$ — расчетные или измеренные мощности поглощенной дозы или кермы, мГр/ч или нГр/ч.

Защита расстоянием. Удаление персонала от источника излучения особенно эффективно, так как мощность дозы и доза, как видно из формул, приведенных выше, обратно пропорциональна квадрату расстояния. Допустимое расстояние, за пределами которого можно работать с ИИИ за время T, определяется по указанным формулам с учетом допустимой мощности дозы либо дозы облучения, решая их относительно $R_{доп}$. Допустимое расстояние можно определить и по длине пробега излучений в воздухе либо по формулам, либо по табл. 61, 63.

Экранирование источников излучения. Проектирование защиты от ИИИ согласно ОСП—72/87 должно вестись дифференцированно в зависимости от категории облучаемых лиц, времени облучения, назначения помещений и продолжительности рабочей недели (табл. 69) с коэффициентом запаса, равным двум.

При экранировании α-источников толщина материала экрана должна быть не менее длины пробега α-частицы в данной среде и определяется либо по формулам, либо по табл. 61.

69. Мощность эквивалентной дозы *H*, используемая при проектировании защиты от внешнего ионизирующего излучения

Категория облучаемых лиц	Назначение помещения	Проектная мощность дозы, мкЗв/ч
Категория А при работе 36 ч в неделю, 50 недель в году	Постоянное пребывание персонала	14
	Пребывание персонала не более 18 ч в неделю	28
Категория Б при работе 41 ч в неделю, 50 недель в году	Любые помещения учреждения и территория санитарно-защитной зоны, где могут находиться лица, относящиеся к категории Б	1,2
Категория Б при работе 168 ч в неделю, 52 недели в году	Любые помещения (в том числе жилые) и территория в зоне наблюдения	0,3

Экраны для защиты от β-частиц изготовляют из материалов с малым атомным номером во избежание тормозного излучения. В качестве защитных материалов используют плексиглас, алюминий или стекло. Однако целесообразно делать двусторонние экраны: изнутри материал с малым атомным номером, снаружи — с большим атомным номером для поглощения тормозного излучения. Толщину защиты от β-излучения можно определить по формулам, приведенным выше, либо по табл.63. Толщину материала экрана можно определить, если известны слой половинного ослабления Δ_β (табл .64) и требуемая кратность ослабления К: $2^n = K$ (n — число слоев половинного ослабления).

Таким образом, для защиты от α- и β-излучений необходимо знать их проникающую способность, которая определяется пробегом этих частиц в веществе. Однако основной задачей защиты от мощных потоков β-частиц является защита от возникающего тормозного γ-излучения.

Защита от рентгеновского и γ-излучения. Для защиты применяются экраны из материалов с большим атомным номером (свинец, железо), а для ста-

ционарных защитных устройств — бетон, баритобетон и др. Толщину экрана, см, для защиты от узкого пучка γ-излучения можно определить из формулы

$$X = (\ln(\dot{H}_0/H_{ПДУ}))/\mu,$$

где $\dot{H}_0$ — мощность дозы до экрана, мкЗв/ч; $H_{ДПУ}$ — допустимая мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч (табл. 68).

Толщину экрана для защиты от широких пучков γ-излучения определяют по графикам и универсальным таблицам в зависимости от необходимой кратности ослабления и энергии γ-излучения и материала защиты [1]. Толщину экрана можно определить и по числу слоев половинного ослабления Δ_γ. При расчете толщины расчетных сооружений рекомендуется вводить двукратный запас добротности защиты, т. е. увеличивать расчетное значение на один слой половинного ослабления.

Защита от нейтронов. Оно заключается в замедлении быстрых нейтронов с последующим поглощением замедленных нейтронов. Хорошим защитным материалом от быстрых нейтронов является вода и водосодержащие материалы, парафин, а также графит, бериллий и др. Нейтроны малой энергии хорошо поглощаются бором. Поэтому бор вводится в бетон, свинец, резину и другие материалы.

Классификация работ с открытыми ИИИ. В открытом виде ИИИ как потенциальные источники внутреннего облучения по радиотоксичности разделяются на четыре группы. Принадлежность к группе токсичности определяется в зависимости от предельно допустимой активности радионуклидов на рабочем месте, не требующей регистрации или получения разрешения санитарно-эпидемиологической службы (НРБ—76/87).

В соответствии с санитарными правилами, все работы с открытыми источниками делятся на классы в зависимости от радиотоксичности нуклидов и их активности на рабочем месте (табл. 70).

70. Классы работ [1]

Группа нуклидов	Минимально значимая на рабочем месте активность нуклида, Бк	Активность на рабочем месте, Бк		
		I класс	II класс	III класс
А	$3{,}7 \cdot 10^3$	Более $3{,}7 \cdot 10^8$	$(10 - 10^4)\ 3{,}7 \cdot 10^4$	$(0{,}1 - 10)\ 3{,}7 \cdot 10^4$
Б	$3{,}7 \cdot 10^4$	Более $3{,}7 \cdot 10^9$	$(10^2 - 10^5)\ 3{,}7 \cdot 10^4$	$(0{,}1 - 10^2)\ 3{,}7 \cdot 10^4$
В	$3{,}7 \cdot 10^5$	Более $3{,}7 \cdot 10^{10}$	$(10^3 - 10^6)\ 3{,}7 \cdot 10^4$	$(10 - 10^3)\ 3{,}7 \cdot 10^4$
Г	$3{,}7 \cdot 10^6$	Более $3{,}7 \cdot 10^{11}$	$(10^4 - 10^7)\ 3{,}7 \cdot 10^4$	$(10^2 - 10^4)\ 3{,}7 \cdot 10^4$

Средства индивидуальной защиты. Работающие с открытыми ИИИ обеспечиваются спецодеждой, которая предохраняет от радиоактивных загрязнений и защищает работающих от α- и, по возможности, от β-излучений. Вид спецодежды зависит от класса выполняемой работы. Так, при выполнении работ второго и третьего классов весь обслуживающий персонал обеспечивается халатами из белой хлопчатобумажной ткани, шапочками, резиновыми перчатками, тапочками и средствами защиты органов дыхания [2; 5].

При выполнении работ первого класса вместо халатов используются комбинезоны. Кроме того, работающие снабжаются нательным бельем из бязи, полотна или ситца, ботинками и неокрашенными трикотажными носками.

Для ремонтных и аварийных работ первого и второго классов используются пневмокостюмы типа ЛГ-4, пластикатовые бахилы и резиновые сапоги и перчатки. Для защиты органов дыхания от радиоактивной пыли применяется респиратор-повязка ШБ-1 «Лепесток» ГОСТ 12.4.028—76, респиратор ШБ-2, пневмошлем изолирующего типа ЛИЗ-1.

Следует учитывать сравнительно большую опасность внешних потоков β-частиц для глаз. Хрусталик глаза обладает повышенной сравнительно с кожей радиочувствительностью. При работе с β-излучателями продуктов деле-

ния, отличающимися от других наиболее высокой граничной энергией β-спектра (до 3,5 МэВ) рекомендуются защитные очки из органического стекла толщиной 6 мм либо щиток-экран, изготовляемый в соответствии с ГОСТ 12.4.079—79. Для защиты кожи рук необходимо использовать защитные перчатки и дистанционный инструмент [5]. Необходимо учитывать β-облучение открытых поверхностей кожи β-излучающими радиоактивными газами. Это обычно возникает при нахождении человека в помещении малого объема, заполненного радиоактивным газом [1].

Применение радиопротекторов. Химические вещества, повышающие стойкость организма против облучения и ослабляющие лучевую болезнь, называют радиопротекторами. В настоящее время существуют эффективные радиопротекторы такие, как цианид натрия, азиды, вещества, содержащие сульфогидные группы, и др. Советские ученые разработали химические средства, эффективно очищающие кожу от радиоактивного загрязнения и комплексообразователи — препараты, которые способны связывать плутоний и другие радионуклиды, предотвращать их поступление в ткани и органы и помогать быстрому выведению из организма. Такие соединения называют «клешневидными».

Организация работ с ИИИ. Планировка помещений осуществляется с учетом класса работ. Работы III класса можно выполнять в общих помещениях, которые удовлетворяют требованиям, предъявляемым к обычным химическим лабораториям. Работы с радионуклидами проводятся на отдельных столах. Работу с летучими, газообразными или порошкообразными нуклидами проводят в вытяжных шкафах обычного типа.

Для работ II класса предусматриваются специально оборудованные изолированные помещения. Полы покрываются пластиком, а стены на всю высоту — масляной краской. Работы с нуклидами проводятся в защитных камерах (боксах), оборудованных вентиляцией.

Работы I класса проводятся в помещениях специальной планировки, обеспечивающей отделение аппаратуры и установок от мест постоянного пребывания персонала. Наиболее рациональной является так называемая трехзональная планировка: чистая зона, в которой работы с ИИИ не проводятся; получистая зона или зона размещения оборудования; грязная зона, где выполняются ремонтные работы, загрузка и выгрузка нуклидов, смена и монтаж технологического оборудования и т. д.

Выход из грязной и получистой зоны в чистую предусматривается только через санпропускник. Во второй и третьей зонах создается разрежение по отношению к первой зоне, чтобы предотвратить просачивание воздуха из этих зон.

Чтобы исключить воздействие радиоактивных веществ на население, проживающее вблизи учреждений, устанавливают санитарно-защитные зоны. Согласно ОСП—72/87 ширина санитарно-защитной и наблюдаемой зон рассчитывается по дозе внешнего излучения и (или) по выбросам радионуклидов в воздух с учетом перспективного роста мощности предприятия, а также метеорологических условий, влияющих на коэффициенты рассеяния выбросов в атмосфере. Критерием для установления ширины санитарно-защитной зоны служат предел годового поступления (ПГП) радиоактивных веществ через органы дыхания и предел дозы внешнего облучения ограниченной части населения, а также $ДК_Б$ в воздухе.

Перевозка радиоактивных веществ и удаление радиоактивных отходов. Погрузка, перевозка и выгрузка радиоактивных веществ проводится в строгом соответствии с требованиями норм радиационной безопасности и основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами ОСП—72/87. В развитие этих норм и правил с учетом рекомендаций Международного агентства по атомной энергии в 1973 г. в СССР введены в действие «Правила безопасности при транспортировке радиоактивных веществ» № 1139-73 (ПБТРВ-73), являющиеся обязательными для учреждений, организаций и предприятий всех министерств и ведомств, осуществляющих отгрузку, перегрузку, погрузочно-разгрузочные работы и хранение радиоактивных веществ. Действие указанных правил распространяется на перевозку радиоактивных веществ удельной активностью больше 74 Бк/г; суммарной активностью, превышающей в 10 раз указанную в соответствующей таблице,

приложения к НРБ-76/87 (т. е. в 10 раз большую, чем та, что соответствует работе со стабильными нуклидами).

Сбор, удаление и обезвреживание твердых и жидких радиоактивных отходов должны вестись в соответствии с ОСП-72/87 и НРБ-76/87.

10.6. Защита от неиспользуемого рентгеновского излучения

Неиспользуемое рентгеновское излучение (НРИ) возникает при работе электровакуумных приборов (клистронов, модуляторных ламп, тиротронов, кенотронов, магнетронов, электронно-лучевых трубок, генераторных ламп и др.) при анодном напряжении свыше 5 кВ, а при напряжении 10 кВ и более выходит за пределы корпуса (баллона). В электровакуумных приборах НРИ возникает вследствие электронной бомбардировки электродов, теневых масок, экранов и других поверхностей. При напряжении от 5 до 60 кВ генерируется «мягкое» (длинноволновое) НРИ, при напряжении 60—100 кВ — «средней жесткости», а при напряжении более 100 кВ — «жесткое» (коротковолновое) излучение глубоко проникающее.

Мощность экспозиционной дозы НРИ, Р/с, определяется для массивных анодов, в которых электроны полностью тормозятся,

$$\dot{X} = 10^7 K_1 K_2 U^n I Z \mu / (0{,}114 N 4\pi r^2);$$

для тонких анодов

$$\dot{X} = 19 \cdot 10^7 \mu\ (U + 511)\ I d Z^2 (\rho/A)/(0{,}114 N 4\pi r^2),$$

где $K_1 = 3 \cdot 10^{-6}$ — коэффициент пропорциональности, характеризующий вероятность торможения электронов в электрическом поле ядра; K_2 — коэффициент: $K_2 = 1$ при $U = \text{const}$ и $K_2 < 1$ при $U = \text{var}$, при пульсирующем напряжении $K_2 = 1/Q^{3/2}$; Q — скважность, т. е. отношение периода повторения импульсов к длительности импульсов; U — анодное напряжение, кВ; I — анодный ток, мА; Z — атомный порядковый номер химического элемента материала анода или поверхности, которую бомбардируют электроны; μ — коэффициент поглощения в воздухе, $см^{-1}$; $n = 1{,}72...2$ — коэффициент; 10^7 — эквивалент ватта, эрг/с; 0,114 — энергетический эквивалент рентгена, эрг/см^3; N — ослабление излучения колбой; r — расстояние от анода электровакуумного прибора до рассматриваемой точки рабочего пространства, см, принимают $r = 5$ см; d — толщина мишени, см; ρ — плотность вещества мишени (анода), г/см^3; A — атомная масса химического элемента материала мишени.

Если материал анода состоит из нескольких элементов, определяют эффективный порядковый номер вещества анода

$$Z_{эф} = \sum_{i=1}^{m} a_i Z_i^2 \Big/ \left(\sum_{i=1}^{m} a_i Z_i \right),$$

где a_i — число атомов вещества с порядковым номером Z_i в сложном веществе.

Характеристики НРИ, генерируемого некоторыми типами электровакуумных приборов и установок, приведены в санитарных правилах [4].

Для предупреждения соматических и генетических последствий в соответствии с «Санитарными правилами работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения» и ГОСТ 12.2.006—83 «ССБТ. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Требования безопасности. Методы испытаний» установлены следующие нормы мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения: для бытовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в любой точке на расстоянии 5 см от ее внешней поверхности не выше $2{,}78 \cdot 10^{-2}$ мкР/с (100 мкР/ч); для электронных ламп (кенотроны) в любой точке на расстоянии 5 см от корпуса аппарата не выше 5,55 мкР/с (20 мР/ч); для видеоконтрольных устройств рентгеновской установки на расстоянии 5 см от корпуса аппарата на стороне, обращенной к оператору, не выше 0,14 мкР/с (0,5 мР/ч) и т. д.

Мощность экспозиционной дозы НРИ в любой точке пространства на расстоянии 5 см от корпуса установки или специальной защитной камеры,

а также от защиты электровакуумного прибора или его корпуса не должна превышать 0,07 мкР/с при рабочей неделе 41 ч и 0,08 мкР/с — при рабочей неделе 36 с.

Для проверки конструкции РЭА проводят измерения в центре и не менее чем в четырех точках по периметру экрана и с каждой стороны РЭА, включая нижнюю, при всех типовых режимах. Тип прибора выбирается в соответствии с [4].

От НРИ применяют следующие меры защиты: экранирование источников излучения или рабочих мест, удаление источников от рабочих мест и сокращение времени облучения. Часто применяют сочетание перечисленных мер защиты. Чаще всего применяют экранирование. Однако уменьшить интенсивность НРИ за пределы корпуса (баллона) можно следующими способами: изготовлением баллона из стекла или керамики с повышенным содержанием тяжелых элементов (свинца, бария, стронция и др.); увеличением толщины баллона; экранированием первичного излучения внутренними деталями прибора; заменой стеклянного или керамического корпуса прибора металлическим.

Экранирование применяют как для отдельных электровакуумных приборов и радиационноопасных блоков, так и для всей аппаратуры или установки в целом. Когда экранирование всей установки технически невозможно или экономически нецелесообразно, установку (прибор, аппарат) заключают в защитную камеру, а пульт управления размещают вне камеры.

В качестве экрана для защиты от НРИ с энергией до 50 кэВ могут быть применены сталь, свинец, в отдельных случаях защита может быть усилена нанесением на внутреннюю поверхность корпуса установки краски, содержащей свинец. Если энергия излучения превышает 50 кэВ, то экраны выполняют из свинца, барита, баритобетона, железобетона.

Энергия НРИ, кэВ, для электровакуумных приборов (ЭП) со стеклянными баллонами $E = 0{,}7U$ (U — максимальное напряжение на аноде, кВ); для ЭП с керамическим или металлическим корпусом, за исключением клистронов в динамическом режиме $E = U$; для клисторонов в динамическом режиме $E = (1{,}1...1{,}3)U$; для электронно-лучевых приборов бытового назначения $E = 0{,}8U$.

Смотровые окна камер, установок и приборов экранируются защитным стеклом ТФ-5, а в некоторых случаях достаточное ослабление может быть достигнуто за счет применения силикатного стекла толщиной 6—8 мм.

Толщина защиты из стали, свинца и стекла ТФ-5 определяется по таблицам [4] в зависимости от напряжения на аноде ЭП, силы тока, расстояния от антикатода и кратности ослабления $K = \dot{X}/\dot{X}_{доп}$ или по формуле

$$d = \ln(\dot{X}/\dot{X}_{доп})/\mu.$$

Лаборатории, цехи, участки, предназначенные для испытания и экспериментальных исследований приборов, аппаратов и установок, размещают в отдельных помещениях. Границы зоны, в которой проводятся исследования или наладка, должны быть обозначены, а если мощность экспозиционной дозы превышает 0,07 мкР/с, они должны быть ограждены экранами, обеспечивающими ослабление излучения.

Список литературы

1. **Козлов В. Ф.** Справочник по радиационной безопасности.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоатомиздат, 1987.— 192 с.
2. **Машкович В. П.** Защита от ионизирующих излучений: Справочник.— 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1982.— 288 с.
3. **Нормы** радиационной безопасности НРБ—76/87 и Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП—72/87.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоатомиздат, 1988.— 160 с.
4. **Санитарные** правила работы с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения № 1960—79.— М.: Атомиздат.— 32 с.
5. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.—176 с.

Раздел III
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Глава 11
БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

11.1 Общие требования безопасности к технологическим процессам

Безопасность технологических процессов определяется безопасностью производственного оборудования, используемых сырья и материалов и технологических операций. Она должна обеспечиваться комплексом проектно-конструкторских и организационно-технологических решений, состоящих в рациональном выборе как всего технологического процесса, так и отдельных производственных операций; подборе производственного оборудования и помещений; в выборе способов транспортирования и условий хранения исходных сырья и материалов, полуфабрикатов, отходов производства и готовой продукции.

Основным нормативным документом, регламентирующим безопасность производственных процессов, является ГОСТ 12.3.002—75 (СТ СЭВ 1728—79) «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Общие требования безопасности к технологическим процессам следующие: устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное действие; замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых эти факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью; комплексная механизация и автоматизация производства, применение дистанционного управления операциями и технологическими процессами, сопровождающимися опасными и вредными факторами; герметизация производственного оборудования; применение средств коллективной защиты работающих. Эти требования включают также переход от сложных многостадийных процессов к малостадийным или одностадийным и от периодических процессов к непрерывным; внедрение системы контроля и управления технологическим процессом, обеспечивающей защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования; оснащение технологических процессов системами контроля, дающими возможность своевременно получить информацию о приближении или возникновении аварийных ситуаций на отдельных технологических операциях; своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов; обеспечение пожаровзрывобезопасности технологических процессов; рациональная организация труда и отдыха с целью профилактики психофизиологических опасных и вредных производственных факторов (монотонности, гиподинамии и др.); ограничение тяжести труда.

Повышению безопасности технологических процессов способствуют гигиенические условия труда в производственных помещениях: рациональное освещение рабочих мест, интерьеров и проходов, шумовой климат, микроклимат, загазованность и запыленность воздушной среды, наличие производственных излучений и других факторов.В связи с этим уровни опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах не должны превышать допустимых значений. Неправильное цветовое оформление или архитектурное решение интерьера производственных помещений, а также отсутствие комнат отдыха или разгрузки приводят к неблагоприятному психофизиологическому воздействию на работающих.

Размещение производственного оборудования, исходных материалов, готовой продукции и отходов производства не должно представлять опасности для работающих. Расстояния между единицами оборудования, между обору-

дованием и конструктивными элементами зданий (стенами, колоннами), а также ширина проходов и проездов должны соответствовать нормам технологического проектирования и строительным нормам и правилам.

Рациональная организация рабочих мест требует учета эргономических требований (правильную компоновку оборудования, пульта управления, исходных материалов и готовой продукции, экономию движений и мышечных нагрузок, удобную рабочую позу), предусмотренных ГОСТ 12.2.049—80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

Основным направлением повышения уровня безопасности технологических процессов является их механизация и автоматизация производства. Автоматизация производственных процессов выдвигает специфические требования к охране труда оператора. При управлении автоматическими линиями, которое выполняется с центрального пульта управления, не исключены ручные регулировочные и наладочные работы непосредственно на оборудовании. В связи с этим должны применяться блокировки безопасности и сигнальные устройства.

Одним из направлений комплексной автоматизации производственных процессов является использование промышленных роботов — перепрограммируемых автоматических машин, применяемых в производственном процессе для выполнения двигательных функций по перемещению предметов производства и технологической оснастки.

11.2. Общие требования безопасности к производственному оборудованию

При всем разнообразии производственного оборудования существуют общие требования, выполнение которых позволяет обеспечить безопасность его эксплуатации. Эти общие требования безопасности изложены в ГОСТ 12.2.003—74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Согласно этим требованиям производственное оборудование должно быть безопасным при монтаже, эксплуатации и ремонте как отдельно, так и в составе комплексов и технологических схем, а также при хранении и транспортировке; оно должно быть пожаровзрывобезопасным и не загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ выше установленных норм.

Безопасность производственного оборудования обеспечивается правильным выбором принципов действия, кинематических схем, конструктивных решений, параметров рабочих процессов; использованием средств механизации и автоматизации; применением специальных защитных средств; соблюдением эргономических требований; включением специфических требований безопасности в техническую документацию и т. д.

Опасная зона оборудования — это пространство, в котором возможно действие на работающего опасного или (и) вредного производственного фактора. Опасная зона может быть локализована вокруг или вблизи движущихся элементов оборудования (зубчатых, ременных или цепных передач, вращающегося и перемещающегося оборудования, режущего инструмента и т. д.), или обусловливаться возможностью поражения электрическим током, воздействием электромагнитных, ионизирующих, лазерных, ультрафиолетовых и инфракрасных излучений, шума, вибрации, ультразвука, вредных газов, паров и пылей, а также возможностью травмирования отлетающей стружкой.

Размеры опасной зоны в пространстве и во времени могут быть постоянными (например, зона между набегающей ветвью ремня и шкивом, между пуансоном и матрицей в прессах и т. д.) и переменными (например, радиус отлета стружки зависит от свойств обрабатываемого материала и параметров резания, биологически активная зона излучения зависит от его мощности и направленности).

Для обеспечения безопасности должны предусматриваться устройства либо исключающие возможность проникновения работающего в опасную зону оборудования, либо ослабляющие или исключающие действие фактора.

Конструктивные части оборудования должны исключать возможность их случайного повреждения, вызывающего опасность. Конструктивные материалы не должны быть опасными и вредными. Использование новых матери-

алов и веществ, не прошедших проверки на гигиеничность и взрывопожароопасность, не допускается.

Движущиеся части оборудования, представляющие опасность для работающих, должны ограждаться или снабжаться другими средствами защиты. Конструкция оборудования должна исключать возможность случайного соприкосновения работающих с горячими (более 45 °С) и переохлажденными частями, а также с элементами, имеющими острые кромки и углы. Должна быть предусмотрена защита от поражения электрическим током, включая случаи ошибочных действий персонала, а также исключена возможность накопления зарядов статического электричества в опасных количествах.

Конструкция оборудования должна обеспечивать исключение или снижение до регламентированных уровней шума, ультра- и инфразвука, вибрации, а также вредных излучений. Оборудование не должно служить источником выделения в рабочую зону производственных помещений вредных веществ (пыли, газов, паров) выше ПДК, а также больших количеств теплоты и влаги, ухудшающих метеорологические условия.

Оборудование должно снабжаться средствами сигнализации о нарушении нормального режима работы, а в необходимых случаях — средствами аварийного останова и отключения.

Для предотвращения опасности при внезапном отключении энергии все рабочие органы, подъемные, зажимные и захватывающие устройства и приспособления должны оборудоваться защитными приспособлениями, исключающими выброс или падение изделий или инструмента. Должна также исключаться возможность произвольного включения приводов рабочих органов при повторной подаче энергии после ее произвольного отключения.

Органы управления должны обеспечивать надежность пуска и быстроту останова, удобство использования, усилия для их перемещения должны быть небольшими (ГОСТ 12.2.049—80). Они должны иметь удобные для работы и безопасные форму и размеры, а их конструкция должна исключать возможность непроизвольного и самопроизвольного включения и выключения, а также осуществления неправильной последовательности операций.

Органы управления должны иметь символические обозначения или соответствующие надписи. Органы аварийного управления (чаще всего — «Стоп») следует окрашивать в красный цвет, снабжать соответствующими указателями и располагать на видных легкодоступных местах.

Средства защиты, являющиеся конструктивными элементами оборудования, должны постоянно выполнять свои защитные функции: срабатывать при проникновении человека в опасную зону оборудования, при появлении опасного или вредного фактора. Действие их должно продолжаться в течение всего времени действия этого фактора. При отключенных, неисправных или снятых средствах защиты оборудование не должно функционировать, т. е. оно должно автоматически отключаться и должна исключаться возможность его включения до восстановления средств защиты. Средства защиты должны осуществлять самоконтроль или быть легкодоступными для контроля и обслуживания.

11.3. Безопасность автоматизированных и роботизированных производств

Автоматизированные линии и участки располагаются в специальных зданиях и отделяются от соседних линий и стен зданий проходами. Ширина прохода между смежными линиями должна быть не менее 800—1000 мм, от линии до стены со стороны обслуживания 1200—1500 мм, от торца линии до стены — 800—1000 мм. Если автоматические линии, обслуживаемые с обеих сторон, не имеют безопасных проходов, то они должны оборудоваться переходными мостиками на расстоянии не более 25 м друг от друга, а линии, имеющие недоступные с уровня пола элементы обслуживания,— стационарными площадками или галереями. Ширина настила и высота перил мостиков, площадок и галерей должны быть не менее 800—1000 мм.

На линиях большой протяженности органы управления дублируются по всему фронту обслуживания и должны устанавливаться хорошо видимые,

легкодоступные красного цвета кнопки экстренного отключения механизмов. На однотипных линиях органы управления, выполняющие определенные функции, должны иметь одинаковое исполнение, цвет, форму и расположение.

Из места расположения пульта управления линией должен быть хороший обзор для визуального контроля технологических и транспортных операций. При наличии вредных производственных факторов рабочее место оператора размещают в закрытой кабине, в которой уровень шума не должен превышать 80 дБА, а освещенность на пульте управления — не менее 400 лк. Рекомендуемые минимальные размеры кабины: площадь 1700 × 2000 мм², высота 2100 мм.

Ограждению подлежат все вращающиеся или движущиеся элементы оборудования, зоны факторов повышенной опасности (высоких температур, излучений и т. д.) и возможного выброса инструмента или материалов. Ограждения зоны обработки выполняются из листового металла (стали толщиной 0,8 мм и более или алюминия толщиной 2 мм и более) или из прочной пластмассы (толщиной 4 мм и более), а смотровые окна — из плексигласа или безопасного стекла (толщиной 4 мм и более).

Автоматизированные линии должны оборудоваться блокировками безопасности, не допускающими самопроизвольное перемещение рабочих конструкций, выполнение следующей операции до окончания предыдущей, выполнение рабочих операций при неправильной установке или недостаточно зафиксированной заготовке, обеспечивающими остановку линии при поломке оборудования или выходе его за пределы зафиксированного пространства, при изменении параметров энергоносителей, остановку и невозможность пуска линии при снятых или открытых ограждениях опасных зон или пребывании человека (или отдельных органов, например, рук) в опасной зоне.

Аварийно-предупредительная сигнализация должна быть предпочтительно звуковой, если уровень шума в цехе соответствует ГОСТ 12.1.003—83 (см. § 7.1), или ярким мигающим светом, если уровень шума выше допустимого. Свето-цветовая сигнализация должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.026—76 (см. § 11.6).

При работе *промышленных роботов* (ПР) опасность могут вызывать подвижные части робота и передвигающиеся изделия, материалы, заготовки, инструменты. Основными причинами воздействия этих факторов являются непредусмотренные движения исполнительных устройств ПР при наладке, ремонте, во время обучения и исполнения управляющей программы; внезапный отказ в роботе самого ПР или совместно работающего технологического оборудования; ошибочные действия оператора или наладчика во время наладки и ремонта при работе в автоматическом режиме; доступ человека в рабочее пространство ПР при работе в режиме исполнения программы, а также нарушение условий эксплуатации ПР и всего технологического комплекса (ГОСТ 12.2.072—82).

В конструкции ПР должны предусматриваться устройства сигнализации, передающие на пульт управления информацию о режиме работы (исполнение программы, работа по кадрам программы, ручное управление), о срабатывании блокировок ПР и совместно работающего оборудования, о наличии сбоя в работе ПР, о начале движения исполнительных устройств и готовности к движению при исполнении управляющей программы.

Захватные устройства ПР должны удерживать объект манипулирования при внезапном отключении питания. Роботы должны оснащаться регуляторами, снижающими скорость перемещения исполнительных устройств до 0,3 м/с, если операции обучения и наладки требуют пребывания персонала в зоне рабочего пространства ПР.

ПР должны оснащаться средствами защиты, исключающими возможность воздействия на обслуживающий персонал опасных и вредных производственных факторов в режимах обучения и исполнения программы. В конструкции ПР должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие останов исполнительных устройств при попадании человека в запрограммированную область рабочего пространства (т. е. часть рабочего пространства ПР, в которой могут находиться его исполнительные устройства при исполнении данной программы) и при выходе манипулятора за пределы запрограммированного рабочего пространства.

При срабатывании блокировок система управления ПР должна переводиться на ручной режим работы. При работе в одном из режимов должна исключаться возможность работы в другом режиме и самопроизвольное переключение с одного режима на другой.

Система управления ПР должна иметь устройство аварийного останова, срабатывающего по команде оператора. Срабатывание этого устройства должно прекращать всякое перемещение манипуляторов ПР. Возобновление работы после аварийного останова должно обеспечиваться специальной командой, передаваемой оператором.

Органы управления и средства отображения информации должны располагаться на панели пульта управления. Переключатели режимов работы и регулятор скорости должны снабжаться фиксаторами, не допускающими их произвольного перемещения.

Роботизированный технологический комплекс или участок (РТКУ) должен оснащаться блокирующими устройствами, обеспечивающими выключение комплекса или участка или отдельных его частей в случае нарушения роботизированного процесса, отказа оборудования или выхода параметров энергоносителей за допустимые пределы.

Размещение технологического оборудования на РТКУ должно обеспечивать свободный удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала при программировании, обучении, наладке и ремонте.

Ограждающие устройства (светозащита, ультразвуковая защита, стационарное ограждение и др.) должны исключать возможность случайного попадания человека в опасную зону РТКУ. Вход в зону ограждения должен блокироваться с системой управления. Блокировочные устройства должны обеспечивать остановку движения ПР при входе человека в эту зону.

Рабочее пространство ПР обозначается сплошными линиями шириной 50—100 мм, наносимыми на плоскость пола стойкой к истиранию краской желтого цвета.

Рабочие места управления РТКУ организуются аналогично рабочим местам автоматизированных и механизированных линий.

К работе по программированию, обучению, наладке, эксплуатации и ремонту ПР и РТКУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, специальное обучение и имеющие удостоверение на право выполнения таких работ.

11.4. Общие требования безопасности к инструменту

Ручной слесарный инструмент. Слесарно-кузнечный инструмент может применяться только исправный. Бойки молотков, кувалд должны иметь гладкую, слегка выпуклую поверхность без косины, сколов, выбоин, трещин и заусенцев. Рукоятки этих инструментов изготовляются из сухой древесины твердых лиственных пород без сучков или из синтетических материалов. В местах крепления инструмента рукоятка должна расклиниваться стальными клиньями, а свободные концы рукояток должны несколько утолщаться во избежание выскальзывания из рук. Рукоятки напильников, шаберов и других инструментов должны иметь металлические бандажные кольца.

Инструменты ударного действия (зубила, крейцмейсели, бородки, просечки, керны и пр.) должны иметь гладкую затылочную часть без трещин, заусенцев, наклепа и скосов. На рабочем конце не должно быть повреждений. Угол заострения рабочей части должен соответствовать обрабатываемому материалу (для чугуна и бронзы — 70°, стали — 60°, меди и латуни — 45°, алюминия и цинка — 35°). Средняя часть зубила должна иметь овальное или многогранное сечение, а ударная — форму усеченного конуса. При работе инструментом ударного действия рабочим следует пользоваться защитными очками для предотвращения повреждения глаз.

Отвертка должна выбираться по ширине рабочей части, зависящей от размера шлица.

Размеры зева гаечных ключей не должны превышать размеров головок болта (гаек) более чем на 0,3 мм. На рабочих поверхностях гаечных ключей не должно быть сбитых скосов, а на рукоятках — заусенцев. На рукоятке

указывается размер ключа. При работе запрещается удлинять гаечные ключи дополнительными рычагами, другими ключами или трубами.

На рабочем месте должен находиться только необходимый для работы инструмент, а лишний должен храниться в шкафу или ящике. Инструмент располагают так, чтобы исключалась возможность его скатывания или падения.

Рабочий инструмент повседневного применения закрепляется за рабочими. Работа неисправным инструментом запрещается. Поэтому весь ручной инструмент, находящийся в инструментальной и выданный на руки, должен осматриваться не реже 1 раза в 10 дней, а также непосредственно перед применением. Неисправный инструмент должен изыматься.

Верстаки должны быть устойчивыми и надежно прикрепленными к полу. Тиски должны иметь исправные зажимы и располагаться на такой высоте, чтобы рабочим было удобно работать.

Абразивный инструмент. Абразивный и эльборовый инструмент должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.028—82 «ССБТ. Процессы обработки абразивным и эльборовым инструментом. Требования безопасности».

Перед установкой на станок круг осматривается. Запрещается эксплуатировать круги с трещинами на поверхности, с просроченным сроком хранения и не имеющие отметки об испытании.

Шлифовальные круги диаметром 125 мм и более с рабочей скоростью свыше 50 м/с, а также круги диаметром 250 мм и более в сборе с планшайбой перед установкой на станок должны быть отбалансированы.

Абразивный и эльборовый инструмент и элементы его крепления (фланцы, болты, гайки и т. д.) должны быть ограждены защитными кожухами, прочно закрепленными на станке. Защитные кожухи для шлифовальных кругов имеющих рабочую скорость до 100 м/с, должны изготовляться сварными из листовой стали марок БСт5, БСт6 и ВСт5. Допустимые углы раскрытия защитных кожухов: до 180°— для кругов на обдирочных, точильных и заточных станках при расположении обрабатываемых деталей ниже оси круга, 150°— на круглошлифовальных и заточных станках, 90°— на обдирочных и точильных станках.

Шлифовальные и заточные станки с горизонтальной осью вращения круга, при работе на которых изделие удерживается руками, должны оборудоваться защитным экраном со смотровыми окнами. Для смотровых окон должны применяться прозрачные, не бьющиеся материалы толщиной не менее 3 мм.

При пользовании кругами (кроме эльборовых) размером до 150 мм они должны проработать на холостом ходу с рабочей скоростью не менее 1 мин, свыше 150 до 300 мм — не менее 2 мин, свыше 300 мм — не менее 3 мин; эльборовые круги — не менее 2 мин.

Ручной электрофицированный инструмент. Электроинструмент должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.013—87 «ССБТ. Машины ручные электрические. Общие требования по безопасности и методы испытаний».

Электроинструмент изготовляется I, II и III классов. Металлические корпуса электроинструмента должны заземляться или зануляться в соответствии с требованиями ПУЭ. Электроинструмент, питающийся от сети, должен быть снабжен несъемным гибким кабелем (шнуром) со штепсельной вилкой. В месте ввода в электроинструмент кабель должен быть защищен от истираний и перегибов эластичной трубкой из изоляционного материала.

При каждой выдаче электроинструмента должны проверяться: комплектность и надежность крепления деталей; исправность кабеля и штепсельной вилки, целостность изоляционных деталей корпуса, рукояток и крышек щеткодержателей, наличие защитных кожухов и их исправность (внешним осмотром); четкость работы выключателя; работа на холостом ходу; у электроинструмента I класса, кроме того, исправность цепи заземления, дата последней периодической проверки. Электроинструмент, не соответствующий хотя бы одному требованию, или с просроченной датой проверки выдавать запрещается.

При работе электроинструментом I класса применение электрозащитных средств (диэлектрических перчаток, галош, ковров и т. п.) обязательно, за исключением случаев, когда электроинструмент получает питание через

устройство защитного отключения или автономно от разделительного трансформатора или преобразователя. Электроинструментом II и III классов разрешается работать без электрозащитных средств.

Электроинструмент и вспомогательное оборудование к нему (трансформаторы, преобразователи тока, устройства защитного отключения, кабели-удлинители) должны подвергаться периодической проверке не реже 1 раза в 6 мес. Проверка включает внешний осмотр, проверку работы на холостом ходу не менее 5 мин; измерение сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 500 В в течение 1 мин при включенном выключателе (у электроинструмента измеряется сопротивление изоляции обмоток и питающего кабеля относительно корпуса и наружных металлических деталей; у трансформаторов — между первичной и вторичной обмотками и каждой из обмоток и корпусом), при этом сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм; проверку исправности цепи заземления или зануления (для инструмента класса I).

К работе с электроинструментом допускаются лица, прошедшие обучение и проверку знаний инструкции по охране труда и имеющие I группу по электробезопасности.

Ручной пневматический инструмент. Пневматический инструмент должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.010—75 «ССБТ. Машины ручные пневматические. Общие требования безопасности».

Для присоединения пневматического инструмента должны применяться гибкие шланги без повреждений. Присоединение шлангов к инструменту и соединение их между собой должно выполняться с помощью ниппелей или штуцеров и стяжных хомутов. Места соединения и присоединения не должны пропускать воздуха. Клапан включения должен легко и быстро открываться и закрываться и не пропускать воздух в закрытом положении.

До присоединения шланга к инструменту должна быть продута воздушная магистраль, а после присоединения — шланг. Инструмент присоединяется к шлангу после прочистки сетки в футорке. На воздухоподводящем трубопроводе должна быть запорная арматура.

Подавать воздух к инструменту следует только после установки его в рабочее положение. Работа инструментом вхолостую допускается только при его опробовании перед началом работы или при ремонте.

Работать инструментом необходимо в защитных очках и рукавицах. Запрещается работать без средств управления рабочим инструментом, без средств виброзащиты, без глушителя шума и с неотрегулированными клапанами.

Пневматический инструмент непосредственно перед выдачей должен осматриваться тем, кто его выдает. В процессе эксплуатации инструмент необходимо ежедневно очищать от загрязнений по окончании работ и по мере необходимости подтягивать крепежные детали. Независимо от условий работы и исправности инструмент следует не реже 1 раза в 6 мес разбирать, промывать и смазывать, а поврежденные и сильно изношенные детали заменять.

К работе с пневматическим инструментом допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие производственное обучение и проверку знаний инструкции по охране труда.

11.5. Общая характеристика средств защиты

Для обеспечения безопасности в технологическом оборудовании должны предусматриваться средства защиты.

Средства коллективной защиты в зависимости от назначения подразделяются на средства защиты от воздействия механических, химических и биологических факторов, от поражения электрическим током; средства защиты от вредных производственных излучений, от шума, вибрации и ультразвука, от повышенных или пониженных температур оборудования или деталей и воздуха рабочей зоны; средства нормализации освещения и воздушной среды рабочих мест и производственных помещений. По принципу действия средства коллективной защиты подразделяют на оградительные, предохранительные, блокирующие, сигнализирующие, системы дистанционного управления оборудованием и специальные.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения подразделяются на изолирующие костюмы, средства защиты органов дыхания, спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головы, лица, глаз, органов слуха, защитные дерматологические средства, средства защиты от падения с высоты и др.

К средствам защиты предъявляются следующие требования: обеспечение оптимальных условий труда и высокая степень защиты, создание благоприятных для человека соотношений с окружающей внешней средой и удобство обслуживания оборудования, надежность, прочность, долговечность, учет требований эстетики.

Оградительные средства защиты препятствуют попаданию человека в опасную зону или распространению опасных и вредных факторов. Они применяются для изоляции зон с опасностью механических воздействий, для ограждения токоведущих частей, зон излучений и выделений вредных веществ, а также расположенных на высоте рабочих площадок. Конструкции оградительных устройств разнообразны и зависят от оборудования, положения человека в рабочей зоне, образующихся опасных и вредных факторов. Оградительные устройства делятся на стационарные и переносные, а стационарные подразделяются на неподвижные и подвижные.

Стационарные неподвижные ограждения демонтируются только для выполнения вспомогательных операций: смены инструмента, смазки оборудования, выполнения измерений и т. д. Они могут быть полными, когда ограждение охватывает все оборудование вместе с опасной зоной, и частичными, когда ограждается только опасная зона оборудования.

Стационарные подвижные ограждения закрывают доступ в рабочую зону оборудования при возникновении опасного момента, т. е.при включении оборудования, а при неработающем оборудо ании доступ в рабочую зону открыт. Эти ограждения, получившие широкое распространение в различных станках, сблокированы с рабочими органами механизма.

Переносные ограждения используются для ограждения нестационарных рабочих мест (например, сварочных постов), а также при ремонтных или наладочных работах.

Ограждения чаще всего выполняют в виде металлических сплошных или сетчатых кожухов, реже используют пластмассы и дерево, а в случае необходимости периодического или непрерывного наблюдения за опасной зоной кроме сетчатых могут применяться сплошные ограждения из прозрачных материалов — стекла, плексигласа (табл. 71).

Предохранительные средства защиты служат для автоматического отключения оборудования при возникновении аварийных режимов, т е. при выходе одного из параметров за пределы допустимых значений.

В установках, работающих под давлением выше атмосферного, используются предохранительные клапаны, которые выпускают в атмосферу излишек газа или пара, при этом уменьшая давление в установке, и предохранительные мембраны, которые разрушаются при превышении давления.

В случае использования токсичных и взрывопожароопасных газов или паров применяются стационарные автоматические газоанализаторы. Эти схемы обычно настраиваются на концентрацию, равную ПДК, для токсичных и до 50 % нижнего предела воспламенения взрывопожароопасных веществ. При достижении этих значений концентрации они могут включать аварийную вентиляцию, выдавать предупредительный сигнал или отключать оборудование.

Для предотвращения поломок оборудования вследствие перегрева применяются тепловые реле с использованием биметаллических элементов.

Для ограничения пути перемещения элементов оборудования применяют ограничители и концевые выключатели. Существенную роль в обеспечении безопасности оборудования играют тормозные устройства. Тормоза подразделяются: по назначению — на стопорные, спускные и регуляторы скорости; по конструкции — на ленточные, дисковые, колодочные, электрические, центробежные и грузоупорные.

Широкое применение получили слабые звенья в конструкциях оборудования, рассчитанные на разрушение или срабатывание, что приводит к отключению оборудования при перегрузках. Слабые звенья подразделяются на

71. Ограждения для опасных зон станков (ГОСТ 12.2.009—80, ГОСТ 12.2.017—86, ГОСТ 12.2.026—77)

Станки, оборудование	Ограждения	
	зоны обработки	отдельных элементов
Токарные	Защитное устройство (экран) со стороны рабочего места и с противоположной стороны при обработке заготовок диаметром до 630 мм включительно	Ограждение для патронов и планшайб — легкоотводимое при закреплении и освобождении заготовок; для обработки пруткового материала — ограждения по всей длине прутка
Сверлильно-расточные	Не нормируется	Ограждение шпинделей
Фрезерные	Защитный экран на консольных станках и станках с крестовым столом	Быстросъемные кожухи в горизонтально-фрезерных станках для ограждения заднего конца шпинделя вместе с выступающим концом винта для закрепления инструмента, а также выступающего конца оправки
Строгальные и долбежные	Стружкосборник и экран для поперечно-строгальных станков	Не нормируется
Горизонтально-протяжные	Откидной экран со смотровым окном для защиты от отлетающей стружки и кусков протяжки при ее разрыве	—
Вертикально-протяжные	Ограждение для предохранения работающих от травмирования при выпадении протяжки из патрона	—
Зубообрабатывающие	Защитные устройства для станков с диаметром обрабатываемого изделия до 1250 мм	—
Отрезные:		
ленточные	Ограждение режущего полотна по всей длине, за исключением участка в зоне резания	—
ножовочные	Ограждается передняя часть пильной рамы, если она выходит за торец рукава	—
круглопильные	Ограждение нерабочей зоны диска; с передней стороны ограждение от стружки, перемещаемое в сторону, откидное или съемное	—
абразивно-отрезные	Защитные кожухи для отрезных кругов	—
Плоскошлифовальные	Ограждается защитным экраном зона обработки	—
Круглошлифовальные	Полностью закрывается обращенная к рабочему сторона обработки при работе со скоростью круга 60 м/с и выше	Патроны для закрепления заготовок на внутришлифовальных станках должны ограждаться защитными кожухами, регулируемыми по длине заготовки

Станки, оборудование	Ограждения	
	зоны обработки	отдельных элементов
Кузнечно-прессовое	Защитные устройства рабочей зоны применяются при управлении одной рукой или педалью	Переключатели режимов работы и способов управления должны устанавливаться в запирающихся шкафах
Деревообрабатывающее	Автоматически действующие ограждения должны закрывать рабочую часть режущих инструментов	—

два класса: с автоматическим восстановлением сети после возвращения контролируемого параметра в норму (фрикционные муфты, предохранительные клапаны и др.) и с восстановлением цепи путем замены слабого звена (срезные шпонки и штифты, разрывные мембраны, плавкие предохранители в электроустановках и др.).

Блокировочные устройства позволяют исключить возможность проникновения человека в опасную зону или устранить опасный фактор при пребывании человека в опасной зоне. По принципу действия блокировочные устройства подразделяются на механические, электрические, фотоэлементные, радиационные, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Механические блокировки выполняют в виде рычагов, стопоров или защелок. Применяют их в подвижных ограждениях, в дверях и дверцах стационарных ограждений и в специальных замках.

Электрическая блокировка применяется в технологических электроустановках и испытательных стендах. Радиочастотная электрическая блокировка, основанная на принципе экранирования электромагнитного поля телом или частью тела человека или на явлении «срыва генерации» при приближении человека к проводнику, ограждающему опасную зону, вызывает отключение или торможение установки.

При фотоэлементной блокировке опасная зона ограждается световыми лучами, воспринимаемыми фотоэлементом. При проникновении в опасную зону части тела человека (например, руки), уменьшается световой поток, падающий на фотоэлемент. Такая блокировка широко применяется в прессовом оборудовании; она не позволяет включить пресс при нахождении руки работающего в опасной зоне.

Устройства сигнализации предназначены для сообщения персоналу о режиме работы оборудования и о возникающих аварийных ситуациях. По способу информации сигнализация может быть световая, звуковая, светозвуковая и одоризационная (по запаху). По назначению системы сигнализации разделяются на оперативную, предупредительную и опознавательную.

Для световой (визуальной) сигнализации используют измерительные приборы, лампы накаливания, подсветку на мнемосхемах, цветовую окраску. Для звуковой сигнализации применяют звонки и сирены. При одоризационной сигнализации, широко применяемой в газовом хозяйстве, в газы, которые сами не имеют запаха (метан, пропан-бутан и др.), добавляют ароматические углеводороды, имеющие резкий запах при сравнительно малых концентрациях.

Оперативная сигнализация широко применяется в технологических процессах и испытательных стендах. Для сигнализации используются измерительные приборы, сигнализирующие о достижении определенных значений контролируемого параметра или отклонении от них. Эта сигнализация используется для согласования действий нескольких работающих.

Предупредительная сигнализация служит для предупреждения работающих о возникновении опасности или приближении аварийной ситуации. Широко применяется опережающая сигнализация, осуществляемая перед вклю-

чением оборудования в работу или подачей напряжения. Опережающая сигнализация должна предусматриваться на производствах, где перед началом работы в опасной зоне могут находиться люди (испытательные участки, сборочные автоматические линии и т. п.). Предупредительная сигнализация должна предусматриваться при работах с радиоактивными веществами, при работе систем вентиляции в пожаро- и взрывоопасных помещениях. Средствами предупредительной сигнализации являются также указатели (в виде световых табло с мигающей подсветкой) и плакаты.

Опознавательная сигнализация предназначена для выделения как отдельных видов производственного оборудования, так и его опасных зон. Для этого применяют систему сигнальных цветов и знаков безопасности. Опознавательной сигнализацией является окраска в соответствующие цвета баллонов и трубопроводов, кнопок и рукояток управления, электрических проводов и т. п.

Системы дистанционного управления характеризуются тем, что контроль работы и управления оборудованием осуществляются с вынесенных из опасной зоны или достаточно удаленных постов. Дистанционное управление целесообразно в труднодоступных зонах и зонах повышенной опасности, где пребывание людей запрещено или ограничено (в помещениях с источниками ионизирующих излучений, токсическими, легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами и т. п.).

Специальные средства защиты могут быть самые различные в зависимости от вида оборудования и существующих опасных и вредных факторов. К ним относятся: защитное заземление и зануление электроустановок, две рукоятки для включения оборудования; системы освещения, вентиляции, шумоглушения, защиты от электромагнитных, лазерных, ионизирующих излулучений и др.

11.6. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Символы органов управления

Сигнальные цвета и знаки безопасности предназначены для привлечения внимания работающих к непосредственной опасности, предупреждения о возможной опасности, предписания и разрешения определенных действий с целью обеспечения безопасности, а также для необходимой информации.

Сигнальные цвета следует применять для поверхностей конструкций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих, поверхностей ограждений и защитных устройств, а также пожарной техники. Согласно ГОСТ 12.4.026—76 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности», установлено четыре сигнальных цвета: красный, желтый, зеленый и синий (табл. 72).

Знаки безопасности должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. В ГОСТ 12.4.026—76 установлены четыре группы знаков безопасности: запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные (табл. 73, 74). Запрещающие знаки предназначены для запрещения определенных действий, предупреждающие — для предупреждения работающих о возможной опасности, предписывающие — для разрешения определенных действий работающих только при выполнении конкретных требований безопасности и для указания путей эвакуации, указательные — для указания местонахождения различных объектов и устройств.

Символы органов управления производственным оборудованием представляют собой условные графические изображения, отражающие объект управления, а также его состояние или процесс, являющиеся результатом управления. Символы предназначены для распознавания органов управления во избежание ошибочных действий оператора, могущих привести к авариям оборудования. Символ должен фиксировать внимание оператора и не вызывать представлений, противоречащих их смысловому значению. Если объект управления или состояние, возникающее в процессе управления, не могут быть обозначены одним символом, то допускается применять многофигурные композиции — комбинированные символы, состоящие не более чем

72. Сигнальные цвета (ГОСТ 12.4.026—76)

Сигнальный цвет	Контрастный цвет	Смысловое значение цвета	Условия применения
Красный	Белый	Запрещение, непосредственная опасность, средство пожаротушения	Запрещающие знаки; отключающие и аварийные устройства механизмов и машин; внутренние поверхности открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы оборудования, и их крышек; рукоятки аварийного сброса давления; корпуса масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением; сигнальные лампы; пожарная техника
Желтый	Черный	Предупреждение, возможная опасность	Предупреждающие знаки; элементы производственного оборудования, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для работающих (открытые движущиеся части оборудования; кромки оградительных устройств, неполностью закрывающие движущиеся элементы; кромки штампов, прессов, бойков молотов, ограждающих конструкций площадок для проводимых на высоте работ; постоянно подвешенной к потолку или стенам выступающей в рабочее пространство технологической арматуры); постоянные или временные ограждения или их элементы, устанавливаемые на границах опасных зон, у проемов, котлованов; элементы внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабины и ограждения кранов, бамперы и боковые поверхности электрокар, погрузчиков, тележек, кранов и др.; подвижные монтажные устройства, их элементы и элементы грузозахватных приспособлений; элементы строительных конструкций, которые могут явиться причиной травмирования работающих (низкие балки, выступы, перепады высоты и т. д.); емкости, содержащие вещества с опасными и вредными свойствами (окраска наносится полосами шириной 50—150 мм в зависимости от размера емкости); границы подходов к эвакуационным или запасным выходам (сплошные линии шириной 50—100 мм, наносимые на плоскость пола)
Зеленый	Белый	Предписание, безопасность	Предписывающие знаки; сигнальные лампы; двери и световые табло (надпись белого цвета на зеленом фоне) эвакуационных или запасных выходов и декомпрессионных камер
Синий	Белый	Указание, информация	Указательные знаки

73. Знаки безопасности (ГОСТ 12.4.026—76)

Смысловое значение	Изображение	Место установки
	Запрещающие знаки	
Запрещается пользоваться открытым огнем		На наружной стороне дверей складов с воспламеняющимися и взрывоопасными материалами и веществами, внутри этих складов; при входе на участки, где проводят работы с указанными материалами и веществами; на оборудовании, представляющем опасность взрыва или воспламенения; на таре для хранения и транспортирования воспламеняющихся и взрывоопасных веществ
Запрещается курить		Там же и в местах наличия отравляющих веществ
Вход (проход) воспрещен		У входов в опасные зоны, а также в помещения и зоны, в которые закрыт доступ для посторонних лиц
Запрещается тушить водой		У входов в помещения и места, предназначенные для хранения и работы с материалами, тушение которых водой в случае их возгорания запрещено (щелочные металлы и др.)
Запрещающий знак с поясняющей надписью		В местах и зонах, пребывание в которых связано с опасностью, раскрываемой поясняющей надписью
	Предупреждающие знаки	
Осторожно! Легковоспламеняющиеся вещества		На входных дверях складов, внутри складов, в местах хранения, перед входами на участки работ с легковоспламеняющимися веществами, на таре для хранения и транспортирования этих веществ
Осторожно! Опасность взрыва		То же при наличии взрывоопасных материалов
Осторожно! Едкие вещества		На дверях складов, внутри складов, в местах хранения, на участках работ с едкими веществами, на таре для хранения и транспортирования едких веществ

Смысловое значение	Изображение	Место установки
Осторожно! Ядовитые вещества		То же при наличии ядовитых веществ
Осторожно! Электрическое напряжение		На опорах ВЛ, корпусах электрооборудования и электроаппаратуры, на дверях электропомещений, камер выключателей трансформаторов, на сетчатых и сплошных ограждениях токоведущих частей, расположенных в производственных помещениях, на электротехнических панелях, дверцах силовых щитков и ящиков, на шкафах с электрооборудованием различных машин и станков Примечание. Символические изображения допускаются выполнять красным цветом, согласно ГОСТ 12.4.027—76
Осторожно! Излучение лазера		На дверях помещений, где проводят работы с лазером, внутри этих помещений, в местах работы с лазером, на лазерных установках и вблизи опасных зон лазерного излучения
Осторожно! Работает кран		Вблизи опасных зон на строительных площадках, участках и в цехах, где используют подъемно-транспортное оборудование
Осторожно! Возможно падение		Перед входом на временно опасные участки и места, где возможно падение. Применяется вместе с табличкой с поясняющей надписью (например, «Осторожно! Скользко», «Осторожно! Открытый проем»)
Осторожно! Прочие опасности		В местах, где необходимо предупреждение о возможной опасности; применяется только вместе с табличкой с поясняющей надписью

Предписывающие плакаты

Работать в каске!		При входе в рабочие помещения или на участки работ, где существует возможность падения предметов сверху
Работать в защитных перчатках!		На участках работ, связанных с опасностью травмирования рук

Смысловое значение	Изображение	Место установки
Работать в защитной одежде!		При входе в рабочие помещения или на участки работ, связанных с опасностью травмирования тела
Работать в защитной обуви!		При входе в рабочие помещения или на участки работ, связанных с опасностью травмирования ног
Работать с применением средств защиты органов слуха!		При входе в рабочие помещения или на участки работ с повышенным уровнем шума
Работать в защитных очках!		При входе на участки работ, связанных с опасностью травмирования глаз
Работать с применением средств защиты органов дыхания!		При входе в рабочие помещения, зоны или участки работ, связанных с выделением вредных для организма человека газов, паров, аэрозолей
Работать в предохранительном поясе!		В местах выполнения работ на высоте
Работать здесь!	Работать здесь	На конструкциях, в местах, где обеспечена безопасность проведения работ
Проход держать свободным!	Проход держать свобод-ным	На путях подхода к местам размещения пожарной техники и к эвакуационным или запасным выходам

Смысловое значение	Изображение	Место установки
Выходить здесь!		На дверях эвакуационных или запасных выходов, на путях эвакуации. На путях эвакуации применяют с дополнительной табличкой с указательной стрелкой. Примечания: 1. Знак выполняют в прямом и зеркальном изображениях. 2. Направление стрелки на табличке должно совпадать с направлением эвакуации и направлением движения бегущего человека, изображенного на знаке. 3. Табличку со стрелкой можно размещать под знаком под углом 30° к горизонту. 4. Стрелка должна рельефно выделяться на поверхности таблички
	Указательные знаки	
Огнетушитель		В производственных помещениях и на территориях для указания местонахождения огнетушителей
Пункт извещения о пожаре		То же, местонахождения пункта извещения о пожаре
Место курения		В производственных помещениях и на территориях для указания места курения
Расположение определенного места, объекта или средства	Поясняющая надпись или символ	В производственных помещениях и на территориях для информации при помощи символа (например, «Пункт медицинской помощи», «Телефон») или поясняющей надписи (например, «Проход здесь», «Питьевая вода»). При необходимости можно использовать надписи другого содержания

Цвета окраски:

— красный; — желтый; — синий;
— черный; — зеленый; — белый

74. Размеры и область применения знаков безопасности (ГОСТ 12.4.026—76)

Расстояние от знака до наблюдателя, м	Размеры знаков, мм				Размеры дополнительных табличек, мм	Область применения знаков
	запрещающих (внешний диаметр)	предписывающих (сторона квадрата)	предупреждающих (сторона треугольника)	указательных (сторона прямоугольника)		
В помещениях и вне помещений						
До 20	280	280	360	280×360	280×85; 280×110 360×120; 360×140	На дверях помещений
Св. 20 до 40	360	360	450	360×450	360×120; 360×140 450×140; 450×180	В малых и средних помещениях
Св. 40 до 50	560	560	710	560×710	560×170; 560×220 710×210; 710×280	В больших помещениях и вне помещений
Св. 50 до 70	710	710	900	710×900	710×210; 710×280 900×260; 900×360	То же
Св. 70 до 100	900	900	1120	900×1120	900×260; 900×360 1120×340; 1120×450	» »
Для производственного оборудования						
—	20	—	25	—	—	Корпуса оборудования
—	30	—	40	—	—	То же
—	40	—	50	—	—	» »
—	60	—	80	—	—	» »
—	80	—	100	—	—	» »
—	120	—	160	—	—	» »

Примечания: 1. Для предупреждающих плакатов задана сторона теоретического треугольника (без учета скругления углов).

2. Радиусы округления углов должны быть такими: на знаках треугольной формы — 0,05 стороны; на знаках квадратной формы — 0,04 стороны; на знаках прямоугольной формы в табличках — 0,02 меньшей стороны.

3. Допускается увеличивать высоту дополнительных табличек с поясняющей надписью в зависимости от числа строк надписи.

4. Допускается применять знаки более крупных размеров с соотношениями размеров, указанными в таблице.

из трех исходных символов. Цвета символов и поверхностей, на которые их наносят, должны быть контрастными. Поверхности органов управления, предназначенных для действий в аварийных ситуациях, должны быть красного цвета. Конструкция символов представлена на рис. 40, а их смысловое значение — в табл. 75.

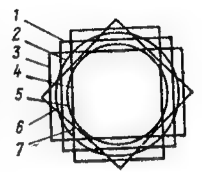


Рис. 40. Базовый конфигуратор символов органов управления:

1 — основной квадрат со стороной 80 мм; *2* — основной круг диаметром 88 мм; *3* — прямоугольник 64×96 мм; *4* — прямоугольник 96×64 мм; *5* — малый круг диаметром 72 мм; *6* — средний квадрат с диагональю 104 мм, повернутый относительно основного квадрата на 45°; *7* — малый квадрат со стороной 64 мм.

11.7. Безопасность при погрузочно-разгрузочных работах и на транспорте

Классификация грузов. В зависимости от опасности обращения с грузами при погрузке, транспортировке и выгрузке грузы делятся на четыре группы: малоопасные (металлы, лесо- и стройматериалы и др.), опасные вследствие габаритных размеров, пылящие и горячие (цемент, мел, известь, асфальт и др.) и опасные (ГОСТ 19433—81). К опасным грузам относят вещества и предметы, которые при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении могут послужить причиной взрыва, пожара или повреждения транспортных средств, зданий и сооружений, а также гибели, увечья, отравления, ожогов, облучения или заболевания людей или животных. Опасные грузы разделяются на 9 классов и подклассы. Характеристика классов (подклассов) и знаки опасности, наносимые на упаковку опасного груза, приведены в табл. 76.

По массе одного места грузы делятся на три категории: 1 — массой менее 80 кг, а также сыпучие, мелкоштучные и т. п.; 2 — массой от 80 до 500 кг; 3 — массой более 500 кг.

Общие требования безопасности к погрузочно-разгрузочным работам. Согласно требованиям ГОСТ 12.3.009—76 «ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности» на предприятиях должны быть составлены Карты технологических процессов на погрузочно-разгрузочные работы. В этих Картах должны учитываться следующие требования безопасности: механизация при погрузочно-разгрузочных работах грузов 2-й и 3-й категорий, первой категории при транспортировании грузов на расстояние более 25 м по горизонтали и для сыпучих — на расстояние свыше 3,5 м по вертикали; специальная упаковка, носилки и тележки для переноски и перевозки стеклянной тары с агрессивными жидкостями. Правила складирования грузов следующие: высота штабеля не должна превышать 6 м для неразборной тары и 4,5 м — для складной тары, 3 м — для грузов в ящиках при ручной погрузке и 6 м — при механизированной, для барабанов с карбидом кальция — не более двух ярусов, для корзин с бутылями агрессивных жидкостей — в один ряд; ширина главного прохода в закрытых складах должна быть не менее 3 м. При выполнении работ с грузами третьей (пылящие и горячие) и четвертой (опасные) групп следует применять соответствующие СИЗ. Следует соблюдать совместимость перевозимых грузов и правила укладки грузов на транспортное средство. Погрузочно-разгрузочные площадки, трапы, мостки, сходни, слеги должны содержаться в исправном состоянии, быть очищенными от снега и льда и посыпаны песком или шлаком в зимнее время.

Перемещение грузов вручную. Поднимать и переносить грузы вручную допускается в исключительных случаях (при невозможности применения подъемно-транспортных средств) на расстояние не более 25 м. Предельная норма переноски грузов вручную по ровной и горизонтальной поверхности на 1 чел. не должна превышать 10 кг для подростков женского пола от 16 до 18 лет; 16 кг для подростков мужского пола от 16 до 18 лет; 20 кг для женщин старше 18 лет; 50 кг для мужчин старше 18 лет.

Допускать подростков к переноске тяжестей разрешается только при условии, что эти операции связаны с выполнением основной работы по специальности и занимают не более 1/3 всего их рабочего времени.

75. Символы органов управления производственным оборудованием (ГОСТ 12.4.040-78)

№ символа	Смысловое значение	Изображение	Примечания
1	Прямолинейное непрерывное движение в одном направлении		Стрелка указывает направление движения
2	Прерывистое прямолинейное движение		То же
3	Ограниченное прямолинейное движение		»
4	Ограниченное прямолинейное движение с возвратом		
5	Колебательное прямолинейное движение		
6	Непрерывное вращательное движение в одном направлении		Стрелка указывает направление вращения
7	Прерывистое вращательное движение		То же
8	Ограниченное вращательное движение		»
9	Ограниченное вращательное движение с возвратом		
10	Колебательное вращательное движение (непрерывное)		

№ символа	Смысловое значение	Изображение	Примечания
11	Исходное состояние (нейтральное положение)		
12	Прямолинейное движение в обе стороны из нейтрального положения		
13	Вращательное движение в обе стороны из нейтрального положения		
14	Движение от оператора		
15	Движение к оператору		
16	Увеличение показателя (больше, быстрее)		
17	Уменьшение показателя (меньше, медленнее)		
18	Включение при кратковременном нажатии		
19	Включение при постоянном нажатии		Работа производится, пока кнопка нажата
20	Выключение		
21	Включение и выключение одной и той же кнопкой		

№ символа	Смысловое значение	Изображение	Примечания
22	Бесступенчатое регулирование при вращательном движении		Увеличение сечения в сторону увеличения параметра
23	Бесступенчатое регулирование при прямолинейном движении		»
24	Бесступенчатое регулирование от нейтрального положения в обе стороны		
25	Работа с программным управлением		
26	Работа в автоматическом режиме		
27	Работа в полуавтоматическом режиме		
28	Менять скорость только после остановки		
29	Менять скорость только на ходу		
30	Работа с ручным управлением		
31	Нагрузка		

№ символа	Смысловое значение	Изображение	Примечания
32	Включение тормоза		
33	Выключение тормоза		
34	Охлаждение		
35	Смазка		
36	Обдув		
37	Отсос		
38	Готовность		
39	Открыть		
40	Закрыть		
41	Главный выключатель (для технологического оборудования)		Символ электрического напряжения по ГОСТ 12.4.027—76

№ символа	Смысловое значение	Изображение	Примечания
42	Звуковой сигнал		
43	Световой сигнал		

Примечания: 1. Исходный чертеж символа следует изготовлять по базовому конфигуратору (рис. 40). Линейные размеры деталей исходного чертежа символа должны быть кратны 8 мм, в отдельных обоснованных случаях они могут быть равны 4 мм. Толщину линии исходного чертежа символа следует выбрать из ряда: 2, 4, 8 или 16 мм, предпочтительная толщина линий — 8 мм. 2. Номинальный размер символа следует выбирать из ряда: 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100 мм. 3. Длину стрелок на символах 1, 3, 6, 8, 12, 13, а также их число на символах 2 и 7 допускается устанавливать в зависимости от особенностей конструкции органов управления производственным оборудованием.

76. Характеристика и знаки опасности опасных грузов (ГОСТ 19433—81)

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака: символ опасности (черного цвета) и цвет поля
Класс 1 — взрывчатые вещества, которые по своим свойствам могут взрываться, вызывать пожар с взрывчатым действием, а также устройства, содержащие взрывчатые вещества и средства взрывания, предназначенные для производства пиротехнического эффекта: подкласс 1.1 — взрывчатые вещества с опасностью взрыва массой, когда взрыв мгновенно охватывает весь груз подкласс 1.2 — взрывчатые вещества, не взрывающиеся массой подкласс 1.3 — взрывчатые вещества, обладающие опасностью пожара с незначительным взрывчатым действием или без него подкласс 1.4 — безопасные взрывчатые вещества, не дающие разрушения устройств и упаковок	Взрывает 1	Взрывающаяся бомба Оранжевый

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака: символ опасности (черного цвета) и цвет поля
Класс 2 — газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением, отвечающие хотя бы одному из следующих условий: избыточное давление в сосуде при температуре 20 °С равно или выше 0,1 МПа, абсолютное давление паров при температуре 50 °С равно или выше 0,3 МПа, критическая температура ниже 50 °С; по физическому состоянию газы делят на: сжатые, критическая температура которых ниже —10 °С; сжиженные, критическая температура которых равна или выше —10 °С, но ниже 70 °С; сжиженные, критическая температура которых равна или выше 70 °С; растворенные под давлением; сжиженные переохлаждением:		
подкласс 2.1 — невоспламеняющиеся неядовитые газы	Невоспламеняющийся газ 2	Баллон с газом Зеленый
подкласс 2.2 — ядовитые газы	Ядовитый газ 2	Череп и кости Белый
подкласс 2.3 — легковоспламеняющиеся газы	Легковоспламеняющийся газ 2	Пламя Красный
подкласс 2.4 — легковоспламеняющиеся ядовитые газы	Легковоспламеняющийся газ 2	Пламя Красный

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака: символ опасности (черного цвета) и цвет поля
подкласс 2.4 — легковоспламеняющиеся ядовитые газы		Череп и кости Белый
Класс 3 — легковоспламеняющиеся жидкости, смеси жидкостей, а также жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии, которые выделяют легковоспламеняющиеся пары, имеющие температуту вспышки в закрытом сосуде 61 °С и ниже:		
подкласс 3.1 — легковоспламеняющиеся жидкости с низкой температурой вспышки — жидкости, имеющие температуру вспышки в закрытом сосуде ниже минус 18 °С или имеющие температуру вспышки в сочетании с другими опасными свойствами, кроме легковоспламеняемости		Пламя Красный
подкласс 3.2 — легковоспламеняющиеся жидкости со средней температурой вспышки — жидкости с температурой вспышки в закрытом сосуде от минус 10 до плюс 23 °С		
подкласс 3.3 — легковоспламеняющиеся жидкости с высокой температурой вспышки — от 23 до 61 °С включительно		
Класс 4 — легковоспламеняющиеся вещества и материалы (кроме взрывчатых), способные во время перевозки легко загораться от внешних источников воспламенения, в результате трения, поглощения влаги, самопроизвольных химических превращений, а также при нагревании:		
подкласс 4.1 — легковоспламеняющиеся твердые вещества, способные легко загораться от внешних источников воспламенения (искры, пламени или трения) и активно гореть		Пламя Красные и белые чередующиеся вертикальные полосы

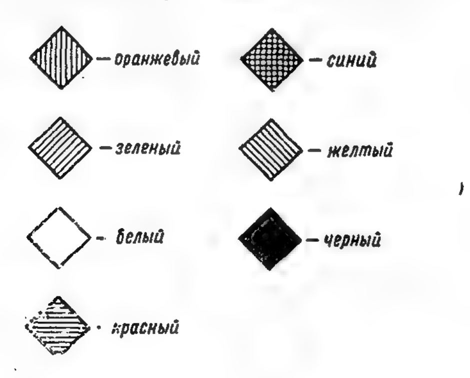
Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака; символ опасности (черного цвета) и цвет поля
подкласс 4.2 — самовозгорающиеся вещества, которые в обычных условиях транспортирования могут самопроизвольно нагреваться и воспламеняться		Пламя Верхний треугольник — белый, нижний — красный
подкласс 4.3 — вещества, выделяющие легковоспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой		Пламя Синий
Класс 5 — окисляющие вещества и органические перекиси, которые способны легко выделять кислород, поддерживать горение, а также могут в соответствующих условиях или в смеси с другими веществами вызывать самовоспламенение и взрыв:		
подкласс 5.1. — окисляющие вещества, которые сами по себе не горючи, но способствуют легкой воспламеняемости других веществ и выделяют кислород при горении, тем самым увеличивая интенсивность огня		Пламя на круге Желтый
подкласс 5.2 — органические перекиси, которые в большинстве случаев горючи, могут действовать как окисляющие вещества и опасно взаимодействовать с другими веществами; многие из них легко загораются и чувствительны к удару и трению		Пламя на круге Желтый
Класс 6 — ядовитые и инфекционные вещества, способные вызвать смерть, отравление или заболевание при попадании внутрь организма или при соприкосновении с кожей и слизистой оболочкой:		

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака: символ опасности (черного цвета) и цвет поля
подкласс 6.1 — ядовитые (токсичные) вещества		Череп и кости Белый
подкласс 6.2 — вещества и материалы, содержащие болезнетворные микроорганизмы (перечень устанавливает Министерство здравоохранения СССР)	—	—
Класс 7 — радиоактивные вещества с удельной активностью более 0,002 мкКи/г:		
подкласс 7.1 — радиоактивные вещества (изотопы)		Трилистник (одна красная вертикальная полоса в нижнем треугольнике) Белый См. примечание 4
		Трилистник (две или три красные вертикальные полосы в нижнем треугольнике) Верхний треугольник желтый, нижний — белый См. примечание 5
подкласс 7.2 — радиоактивные вещества с низкой удельной активностью	—	—
подкласс 7.3 — радиоактивные вещества, перевозимые по особому соглашению	—	—

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака: символ опасности (черного цвета) и цвет поля
Класс 8 — едкие и коррозионные вещества, которые вызывают повреждение кожи, поражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, коррозию металлов и повреждение транспортных средств, сооружений или грузов, а также могут вызвать пожар при взаимодействии с органическими материалами или некоторыми химическими веществами:		Кислота, вытекающая из пробирок и разъедающая металл и руку Верхний треугольник — белый, нижний — черный
подкласс 8.1 — кислоты подкласс 8.2 — щелочи подкласс 8.3 — разные едкие и коррозионные вещества		
Класс 9 — вещества с относительно низкой опасностью при транспортировании, не отнесенные ни к одному из предыдущих классов, но требующие применения к ним определенных правил перевозки и хранения:		
подкласс 9.1 — твердые и жидкие горючие вещества и материалы, которые по своим свойствам не относятся к 3 и 4 классам, но при определенных условиях могут быть опасными в пожарном отношении (горючие жидкости с температурой вспышки от плюс 61 °С до плюс 100 °С в закрытом сосуде, волокна и другие аналогичные материалы)	—	—
подкласс 9.2 — вещества, становящиеся едкими и коррозионными при определенных условиях		
подкласс 9.3 — слабоядовитые вещества и вещества, которые становятся ядовитыми или раздражающими при пожаре или реакциях с другими веществами		

Характеристика классов и подклассов	Изображение	Исполнение знака; символ опасности (черного цвета) и цвет поля
подкласс 9.4 — вещества, основной опасностью которых при транспортировании является повышенное давление, создающееся в упаковке		

Примечания: 1. Знак должен иметь форму квадрата, повернутого на угол, со стороной не менее 100 мм, который разделяют на два равных треугольника. В верхнем треугольнике наносят символ опасности, в нижнем углу нижнего треугольника наносят номер класса. Между символом и номером класса помещается надпись, характеризующая опасность груза, а под ней могут наноситься надписи о мерах предосторожности. Рамка, наносимая черным цветом, должна располагаться на расстоянии 5 мм от кромок знака. 2. Знаки опасности наносят: на упаковку, имеющую форму параллелепипеда, на трех поверхностях (боковой, торцовой и верхней); на бочках — на одном из днищ и на обечайке с двух противоположных сторон; на мешках — в верхней части у шва с двух сторон; на кипах и тюках — на торцовую и боковую поверхности; на других видах тары (баллоны, корзины и др.) — знаки прикрепляются в наиболее удобных местах. 3. Если груз обладает более чем одним видом опасности, то на упаковку наносят несколько знаков опасности. Номер класса ставят на знаке, характеризующем основной вид опасности. 4. На этом знаке должна быть выполнена следующая дополнительная надпись: «Основной радиоактивный элемент ... Активность содержимого, Ки/г...» 5. На этих знаках должны быть выполнены дополнительные надписи: «Основной радиоактивный элемент ... Активность содержимого, Ки/г... Транспортный индекс...» 6. В таблице приняты следующие условные обозначения цветов:



Перемещать баллоны разрешается только на тележках или специальных носилках, а бутыли с опасными жидкостями — в плетеных корзинах. Подъем этих грузов на высоту вручную запрещен.

Переносить материалы на носилках разрешается в исключительных случаях по горизонтальному пути на расстояние не более 50 м, запрещается переносить материалы на носилках по лестницам и стремянкам.

Для перемещения грузов на короткие расстояния можно применять роликовые ломы. При подъеме груза нужно одной рукой удержать лом, а другой — нажимать на груз.

При перемещении грузов с помощью катков необходимо соблюдать следующие условия: деревянные катки должны изготовляться из дуба или клена

диаметром не менее 50 мм, стальные — из отходов труб диаметром не менее 25 мм, катки должны быть одинаковой длины и диаметра; подкладывать очередной каток под перемещаемый груз следует осторожно, извлекать из-под груза после полного его освобождения.

Груз массой до 50 кг разрешается выгружать, спуская по покатам или слегам, перенося вручную или на носилках, а массой более 50 кг — перемещая по трапам или слегам при помощи веревок или специальных тележек.

Безопасность эксплуатации подъемно-транспортного оборудования. Требования к эксплуатации регламентируются соответствующими правилами [5; 6] и ГОСТ системы ССБТ: ГОСТ 12.2.053—83 «Краны-штабелеры стеллажные. Требования безопасности», ГОСТ 12.2.065—81 «Краны грузоподъемные. Общие требования безопасности» и др. Общими требованиями безопасности являются обеспечение надежности конструкции оборудования (выбор соответствующего материала и запаса прочности, защита от тепловых воздействий и коррозии), наличие предохранительных устройств (ограничители

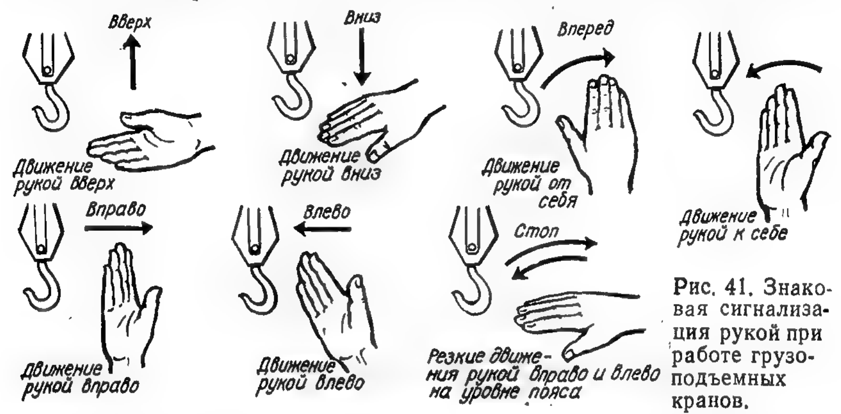


Рис. 41. Знаковая сигнализация рукой при работе грузоподъемных кранов.

грузоподъемности, высоты подъема груза и скорости, концевые выключатели, тормоза, ловители, аварийные выключатели и др.), периодическое техническое освидетельствование оборудования и соответствующая подготовка персонала.

Грузоподъемные механизмы допускаются к эксплуатации только после испытания, технического освидетельствования и регистрации. Полное техническое освидетельствование грузоподъемной машины включает: осмотр всех механизмов и несущих конструкций; статическое испытание грузом, превышающим грузоподъемность машины на 25 %, для проверки ее прочности и устойчивости против опрокидывания (груз поднимают на высоту 100—200 мм для кранов стрелового типа и на 200—300 мм для передвижных консольных и мостовых кранов и выдерживают в течение 10 мин, затем груз опускают и проверяют отсутствие остаточных деформаций, трещин и других повреждений); динамическое испытание грузом, превышающим грузоподъемность на 10 %, при динамическом испытании проводят повторные подъем и опускание груза для проверки действия механизмов и тормозов. Периодичность испытаний — 1 раз в 3 года. При частичном техническом освидетельствовании, проводимом ежегодно, статические и динамические испытания не проводятся.

К управлению грузоподъемными механизмами и машинами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение и аттестацию.

Работы с применением грузоподъемных кранов должны выполняться под руководством ответственного лица, назначенного администрацией предприятия. Для управления работой крана применяется знаковая сигнализация рукой (рис. 41) или флажком. Машинист крана обязан выполнять команды по подъему-опусканию или перемещению груза, подаваемые только ответственным лицом. Только команда «Стоп» выполняется при подаче ее любым работающим.

Лифты подлежат ежесменным, внутримесячным (не реже 1 раза в 15 дней), месячным и полугодовым техническим осмотрам. Ежесменные осмотры проводят лифтеры, а остальные — электромеханики совместно с лифтером. Лица, ответственные за исправное состояние и безопасность, проверяют лифты не реже 1 раза в 3 мес. Если при осмотре или во время эксплуатации выявляются неисправности предохранительных устройств, сигнализации, освещения или других устройств, лифт останавливают и устраняют повреждения.

Электропогрузчики и автопогрузчики должны осматриваться ежесменно водителем. При эксплуатации погрузчиков запрещается захватывать груз вилами с разгона путем врезания; поднимать груз при наклоне рамы с вилами от себя; поднимать и опускать груз или изменять наклон рамы при движении, перевозить грузы, поднятые на высоту более 1000 мм электропогрузчиком, более 500 мм — автопогрузчиком с вилами на пневмошинах и более 250 мм — на грузошинах. Для автопогрузчиков с крановой стрелой высота подъема груза не ограничивается.

При работе на вилочном погрузчике необходимо, чтобы груз был прижат к вертикальной части захватной вилки, на обе лапы груз должен распределяться равномерно и выходить за пределы вилки не более 1/3 ее длины. Груз должен укладываться не выше защитного устройства, а при транспортировании крупногабаритного груза, который выходит за защитное устройство, должно быть выделено специальное лицо для сопровождения погрузчика.

Эксплуатация внутризаводского транспорта. Для обеспечения безопасности разграничивают пути движения пешеходов и пути перемещения транспорта. Для этого на каждом предприятии должна быть составлена и доведена до всех работающих план-схема движения транспортных средств и пешеходов, обозначаются переходы. Ширина проездов устанавливается в зависимости от транспортных средств, перевозимых грузов и интенсивности движения встречного потока. На территории предприятия устанавливаются необходимые дорожные знаки.

Скорость движения *железнодорожного транспорта* на территории предприятия не должна превышать 10 км/ч, а при въезде в здание — 3 км/ч. В местах пересечения железнодорожных путей с дорогами должны устанавливаться предупредительные знаки, а при интенсивном движении — шлагбаумы.

Габариты приближения транспортных средств до строений и сооружений должны быть не менее 3 м, а до выходных дверей из помещений — не менее 6 м. Складировать грузы в штабеля высотой до 1,2 м разрешается на расстоянии не менее 2 м от наружной головки рельса, а при большей высоте штабеля — не менее 2,5 м.

При движении железнодорожного транспорта должны подаваться звуковые сигналы — гудками локомотивов или ручными свистками. Переходить железнодорожные пути пешеходы должны под прямым углом, убедившись в отсутствии движущегося поезда.

Скорость движения *автомобильного транспорта* на прямых участках дорог не должна превышать 12 км/ч, а в местах сужения дороги — 5 км/ч; внутри цехов и складов по главным проходам— 5 км/ч, а в узких местах — 3 км/ч.

Автомобили и колесные тракторы, допускаемые к перевозке грузов, должны отвечать следующим требованиям: тормоза должны обеспечивать своевременную остановку и одновременность начала торможения всех колес, рулевое управление должно легко и надежно управлять передними колесами, должны быть исправны осветительные приборы и приборы сигнализации.

В кузове грузового автомобиля разрешена перевозка людей, если кузов оборудован сидениями, укрепленными ниже 15 см от верхнего края борта, а сидения вдоль заднего или бокового бортов имеют прочные спинки; число перевозимых людей не превышает числа посадочных мест и количества, предусмотренного технической характеристикой автомобиля. Вне кабины должен быть легкосъемный огнетушитель вместимостью не менее 2 л.

Ширина проездов для *электрокарного транспорта* должна быть не менее 1,8 м при одностороннем движении и 3 м — при двустороннем. При движении в помещениях, на перекрестках дорог, в местах движения пешехо-

дов и переездов через железнодорожные пути скорость движения не должна превышать 3 км/ч.

Эксплуатация внутрицехового транспорта. Движущиеся части *конвейеров* (барабаны, натяжные устройства, ролики и др.), к которым возможен доступ работающих, должны ограждаться. В зоне возможного нахождения людей должны ограждаться канаты, блоки и груз натяжных устройств; загрузочные и приемные устройства; нижние выступающие части конвейеров и участки трассы конвейеров, на которых запрещен проход людей.

На технологической линии, состоящей из нескольких последовательно установленных и одновременно работающих конвейеров или из конвейеров в сочетании с другими машинами (питателями, дробилками и т. п.), приводы конвейеров и всех машин должны быть сблокированы так, чтобы в случае внезапной остановки какой-либо машины или конвейера предыдущие машины или конвейеры отключались, а последующие продолжали работать до полного схода с них транспортируемого груза.

Должна предусматриваться возможность отключения каждого механизма с места обслуживания. Конвейеры в головной и хвостовой части должны быть оборудованы аварийными кнопками «Стоп». Конвейеры с открытой трассой длиной более 30 м должны быть оборудованы дополнительными выключающими устройствами, позволяющими останавливать конвейер в аварийных ситуациях с любого места со стороны прохода для обслуживания.

Приводы *механических тележек* должны быть ограждены, а головки рельсовых путей не должны выступать над уровнем пола. Пульт управления тележкой должен располагаться в месте с хорошим обзором. В местах движения тележки через дверные проемы должен обеспечиваться проход шириной не менее 700 мм.

Рольганги не должны деформироваться под нагрузкой, конструкция их должна исключать провал груза между роликами и падение груза вбок. В конце пути рольганга устанавливается откидное ограждающее устройство, препятствующее падению груза.

Список литературы

1 **Безопасность** производственных процессов: Справочник / Под ред. С. В. Белова.— М.: Машиностроение, 1985.— 448 с.
2. **Долин П. А.** Справочник по технике безопасности.— М.: Энергоиздат, 1982.— 800 с.
3. **Кузнецов Ю. М.** Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта: Справочник.— М.: Транспорт, 1986.— 272 с.
4. **Правила** безопасности при работе с инструментом и приспособлениями.— М.: Энергоатомиздат, 1988.— 176 с.
5. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.— М.: Металлургия, 1983.— 176 с.
6. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации лифтов.— М.: Недра, 1972.— 95 с.
7. **Средства** индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под ред. В. Н. Ардасенова.— М.: Профиздат, 1988.— 176 с.
8. **Чичкин В. А., Гасянец Г. И.** Справочник по безопасной эксплуатации грузоподъемных машин.— К.: Будівельник, 1988.— 256 с.

Глава 12

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

12.1. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током

Опасные факторы разделяются на две группы: факторы электрического характера (ток, проходящий через человека, напряжение на человеке, сопротивление цепи человека, род и частота тока) и факторы неэлектрического характера (индивидуальные особенности человека, продолжительность действия тока, путь тока через человека и фактор внимания).

77. Пороговые значения токов, мА [7]

Род тока	Ощутимый	Неотпускающий	Фибрилляционный
Переменный ток частотой 50 Гц	0,5...1,5	6...10	80...100
Постоянный ток	5,0...7,0	50...80	300

Факторы электрического характера. Ток, проходящий через человека, является главным поражающим фактором при электротравме. Выделяют следующие пороговые (наименьшие) токи (табл. 77); ощутимый (вызывающий ощутимые раздражения при прохождении через организм), неотпускающий (вызывающий непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник) и фибрилляционный (вызывающий фибрилляцию сердца). Согласно ГОСТ 12.1.038—82, установлены предельно допустимые значения токов, проходящих через человека при нормальном и аварийном режимах работы электроустановок (табл. 78, 79).

78. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при нормальном (неаварийном) режиме электроустановок

Род тока	Напряжение прикосновения, В	Ток, мА
Переменный ток частотой		
50 Гц	2	0,3
400 Гц	3	0,4
Постоянный ток	8	1,0

Примечания: 1. Нормы, приведенные в таблице, соответствуют продолжительности воздействия тока на человека не более 10 мин в сутки и установлены исходя из реакции ощущения.

2. При высокой температуре (выше 25 °С) и большой относительной влажности воздуха (более 75 %) приведенные в таблице допустимые значения следует уменьшать в 3 раза.

Напряжение, приложенное к телу человека, влияет на исход поражения, предопределяя сопротивление тела и ток, протекающий через человека. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения для человека по ГОСТ 12.1.038—82 приведены в табл. 78—80.

79. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения, В, и токов, мА, при аварийном режиме электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью

Род тока	Продолжительность действия, с											
	0,01...0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Свыше 1
Переменный ток частотой 50 Гц	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36 В/6 мА
400 Гц	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36 В/8 мА
Постоянный ток	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40В/15 мА
Выпрямленный ток:												
двухполупериодный	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	—
однополупериодный	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	—

Примечания: 1. Приведены действующие значения тока, напряжения для переменного тока, значения токов и напряжений для постоянного тока и амплитудные значения для выпрямленных токов.

2. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при продолжительности воздействия свыше 1 с, приведенные в таблице, соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам.

80. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения при аварийном режиме электроустановок напряжением выше 1000 В частотой 50 Гц с эффективно заземленной нейтралью

Продолжительность действия тока, с	До 0,1	0,2	0,5	0,7	1	От 1 до 5
Предельно допустимое значение напряжения прикосновения, В	500	400	200	130	100	65

Электрическое сопротивление цепи человека $R_ч$ представляет собой эквивалентное сопротивление нескольких элементов, включающихся последовательно — сопротивление тела человека $r_{т.ч.}$, сопротивление одежды $r_{од}$ (если человек прикоснулся участком тела, защищенным одеждой, к частям под напряжением), сопротивление обуви $r_{об}$ и сопротивление опорной поверхности ног $r_{оп}$: $R_ч = r_{т.ч.} + r_{од} + r_{об} + r_{оп}$.

Электрическое сопротивление тела человека является главной составляющей в схеме цепи человека. Различные ткани тела поразному проводят электрический ток. Наибольшим электрическим сопротивлением обладает кожа, особенно верхний роговой слой ее, лишенный кровеносных сосудов. Характер сопротивления кожи — активно-емкостный (рис. 42, *а*). Сопротивление кожи зависит от ее состояния, плотности и площади контактов, величины приложенного напряжения, протекающего тока и времени воздействия тока. Наибольшим сопротивлением обладает чистая сухая неповрежденная кожа. Увеличение площади и плотности контактов с токоведущими частями снижает сопротивление кожи. С увеличением приложенного напряжения сопротивление кожи уменьшается в результате пробоя верхнего слоя. Увеличение силы тока или времени его протекания вызывает нагрев верхнего слоя кожи и потовыделение в месте контакта, что снижает электрическое сопротивление кожи.

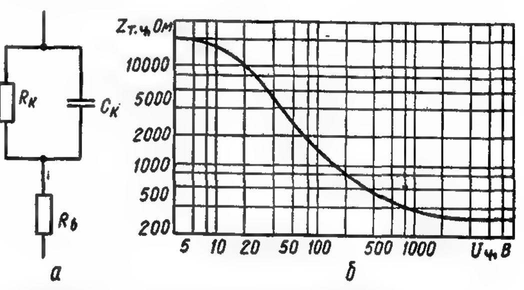


Рис. 42. Электрическое сопротивление тела человека:

а — упрощенная электрическая схема ($R_К$, $C_К$ — активное сопротивление и емкость кожи; $R_В$ — сопротивление внутренних органов); *б* — зависимость сопротивления от приложенного напряжения.

Так как сопротивление тела человека электрическому току нелинейно (рис. 42, *б*) и нестабильно (как указано выше) и вести расчеты с такими сопротивлениями сложно, условились принимать для расчетов, что сопротивление тела человека стабильно, линейно, активно и составляет 1000 Ом, если отсутствуют указания по ГОСТ 12.1.038—82 (см. раздел 12.3).

Электрическое сопротивление одежды зависит от вида и влажности ткани и для хлопчатобумажной ткани при площади контакта 100 см² может быть принято: для сухой ткани 10—15 кОм, для влажной 0,5—1 кОм [3; 7].

Электрическое сопротивление обуви зависит от материала подошвы, состояния помещения и напряжения (табл. 81). Электрическое сопротивление обуви в общей цепи сопротивления человека может «соединяться» как параллельные сопротивления при схеме протекания тока от руки к ногам или как последовательно соединенные сопротивления при схеме протекания тока от одной ноги к другой.

81. Значения сопротивления обуви (рекомендуемые для предварительных расчетов) [3; 7]

Помещение	Материал подошвы	Напряжение, В			
		До 65	127	220	Выше 220
Сухое	Кожа	200	150	100	50
	Кожимит	150	100	50	25
	Резина	500	500	500	500
Сырое и влажное	Кожа	1,6	0,8	0,5	0,2
	Кожимит	2,0	1,0	0,7	0,5
	Резина	2,0	1,8	1,5	1,0

Электрическое сопротивление опорной поверхности ног аналогично сопротивлению обуви может «соединяться» как два параллельных или два последовательных резистора в зависимости от схемы протекания тока через человека. Электрическое сопротивление опорной поверхности ног на полу (сопротивление пола) зависит от материала и влажности пола, а на грунте (сопротивление грунта) — от вида и влажности грунта (табл. 82, 83).

82. Значения сопротивления пола, кОм [3; 7]

Материал пола	Сухой пол	Влажный пол	Мокрый пол	Материал пола	Сухой пол	Влажный пол	Мокрый пол
Асфальт	2000	10	0,8	Ксилолит	100	10	0,5
Бетон	2000	0,9	0,1	Линолеум	1500	50	4
Дерево	30	3	0,3	Металл	0,01	0	0
Земля	20	0,8	0,3	Метлахская плитка	25	2	0,3
Кирпич	10	1,5	0,8				

Примечание. В таблице приведены сопротивления двух ступней ног при «параллельном включении».

83. Значения сопротивления грунта, Ом [3; 7]

Грунт	Грунт сухой	Грунт влажный	Грунт	Грунт сухой	Грунт влажный
Асфальт, гравий, щебень	7200	3800	Песок	8000	1600
			Садовая земля	190	90
Вода на поверхности грунта	—	30	Скалистый грунт	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^4$
Глина	200	40	Строительный мусор	35	25
Каменистый грунт	8500	5500	Суглинок	500	125
Лесс	800	160	Супесок	1250	500
Лед, снег	$2 \cdot 10^6$	300	Торф	—	50
Мерзлый грунт	10^4	4000	Чернозем	160	50

Примечания: 1. В таблице приведено сопротивление одной опорной поверхности ноги на грунте. 2. Под влажным мерзлым грунтом понимается грунт с наличием участков оттаивания, а под влажным льдом или снегом — покрытый водой лед или насыщенный водой снег.

Наиболее опасными для человека являются токи с частотой 20—200 Гц. С понижением и повышением частоты опасность поражения уменьшается

и полностью исчезает при частотах 450 кГц и выше, хотя эти высокочастотные токи сохраняют опасность ожогов.

Постоянный ток при напряжениях до 300 В по сравнению с переменным током менее опасен (табл. 77—80). При дальнейшем повышении напряжения опасность постоянного тока увеличивается и в интервале напряжения 400—600 В практически равна опасности переменного тока с частотой 50 Гц, а при напряжениях выше 600 В постоянный ток значительно опаснее переменного. Резкие болевые ощущения при включении под постоянное напряжение возникают в момент замыкания и размыкания цепи. Эти судорожные сокращения мышц обусловлены токами переходного процесса.

Факторы неэлектрического характера. Увеличение длительности протекания тока через человека усугубляет тяжесть поражения по следующим причинам: с увеличением времени протекания тока сопротивление тела уменьшается (за счет увлажнения кожи от пота), при этом увеличивается ток; с течением времени истощаются защитные силы организма, противостоящие воздействию электрического тока. Установлены зависимости между допустимыми для человека величинами тока и напряжения и длительностью их воздействия (табл. 78—80).

Путь тока через человека существенно влияет на исход поражения. Опасность поражения особенно велика, если ток проходит через жизненно важные органы (сердце, легкие, головной мозг) и воздействует на них непосредственно. Если ток не проходит через эти органы,то его воздействие на них является только рефлекторным и вероятность поражения уменьшается.

Пути тока в теле человека называют петлями тока. Наиболее часто встречается петля правая рука — ноги, а случаи с тяжелым и смертельным исходами наиболее часто встречаются при следующих петлях: рука — рука (40 % случаев), правая рука — ноги (20 %), левая рука — ноги (17 %), нога — нога (8 %).

Индивидуальные особенности человека значительно влияют на исход поражения при электротравмах. Характер воздействия тока зависит от массы человека и его физического развития. Установлено, что для женщин пороговые значения тока примерно в 1,5 раза ниже, чем для мужчин. Степень воздействия тока сильно зависит от состояния нервной системы и всего организма: в состоянии возбуждения нервной системы, депрессии, болезни (особенно болезни кожи, сердечно-сосудистой системы, нервной системы и др.) и алкогольного опьянения люди значительно более чувствительны к электрическому току.

Значительную роль играет и «фактор внимания». Если человек подготовлен к электрическому удару, то опасность резко снижается, неожиданные удары приводят к более тяжелым последствиям.

12.2. Классификация электроустановок и помещений. Причины электротравм

Классификация электроустановок. Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

По условиям электробезопасности электроустановки разделяют по напряжению до 1000 В и электроустановки выше 100 В (по действующему значению напряжения). Кроме того, выделяют электроустановки малого напряжения — с номинальным напряжением не выше 42 В.

По режиму нейтрали различают следующие виды электроустановок: напряжением выше 1000 В в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю); напряжением выше 1000 В в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю); напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью и напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

Электрической сетью с эффективно заземленной нейтралью называется трехфазная электрическая сеть напряжением выше 1000 В, в которой коэф-

фициент замыкания на землю (т. е. отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания на землю другой или двух других фаз к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания) не превышает 1,4. Глухозаземленной называют нейтраль трансформатора или генератора, присоединенную к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформаторы тока). Изолированной называют нейтраль трансформатора и генератора, не присоединенную к заземляющему устройству или присоединенную к нему через устройства, имеющие большое сопротивление(приборы сигнализации, измерения, защиты, заземляющие дугогасящие реакторы и др.).

По месту расположения электроустановки разделяются на открытые, или наружные (не защищенные от атмосферных воздействий зданием, а также защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п.) и закрытые, или внутренние (размещенные внутри здания).

Классификация электротехнических изделий. В соответствии с ГОСТ 12.2.007.0—75, установлены пять классов электротехнических изделий: 0, 0I, I, II, III.

К классу 0 относятся изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классу II или III.

К классу 0I относятся изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

К классу I относятся изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и элемент для заземления. В случае, если изделия класса I имеют провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

К классу II относятся изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу III относятся изделия, не имеющие ни внутренней, ни внешней электрических цепей с напряжением свыше 42 В. Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III только в том случае, если они предназначены для присоединения непосредственно к источнику питания с напряжением не выше 42 В, у которого при холостом ходе оно не превышает 50 В. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

Классификация электропомещений. Электропомещениями называются помещения или отгороженные (например, сетками или другими конструкциями) части помещения, доступные только для квалифицированного обслуживающего персонала, в которых расположены электроустановки.

По влажности воздуха выделяют сухие помещения (в которых влажность воздуха не превышает 60 %), влажные (в которых пары или конденсирующая влага выделяются кратковременно в небольших количествах, а относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %), сырые (в которых влажность воздуха длительно превышает 75 %), особо сырые (в которых относительная влажность воздуха близка к 100 %, а потолок, стены, пол и предметы покрыты влагой).

Жаркими называются помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура воздуха постоянно или периодически (более 1 сут) превышает + 35°С (например, помещения с сушилками, печами, котельные и т. п.).

Пыльными называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.п. Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью (металлической или угольной) и помещения с токонепроводящей пылью.

Помещениями с химически активной или органической средой называются помещения, в которых постоянно или длительно содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

По опасности поражения людей электрическим током можно выделить такие виды помещений:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из условий, создающих повышенную опасность: сырость; токопроводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особая сырость, химически активная или органическая среда, одновременное наличие двух или более условий повышенной опасности.

4. Территории размещения наружных электроустановок по опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Причины электротравм. Электротравма — это травма, вызванная воздействием на человека электрического тока или электрической дуги.

Различают три вида поражения организма электрическим током: электрические травмы (19 % учитываемых электропоражений), электрические удары (26 %) и смешанные поражения (электрические удары и травмы одновременно — 55 %).

Под причинами электротравм понимаются нарушения правил, норм электробезопасности, законодательства о труде во взаимосвязи с объективными и субъективными предпосылками этих нарушений, а также несовершенство мероприятий, предусмотренных упомянутыми правилами, нормами и законами. К объективным предпосылкам относятся, например, неправильная организация труда, недостатки материально-технического снабжения, ненастная погода, а к субъективным — безответственное отношение работников к порученному делу, их невнимательность, наличие медицинских противопоказаний к работе и т. п.

Принято различать технические, организационно-технические, организационные и организационно-социальные причины электротравм [4].

К техническим причинам электротравм относятся: несоответствие электроустановок, средств защиты и приспособлений требованиям безопасности и условиям применения, связанные с дефектами конструкторской документации, изготовления, монтажа и ремонта; неисправности установок, средств защиты и приспособлений, возникшие в процессе эксплуатации. При установлении технических причин следует руководствоваться Правилами устройства электроустановок [5] нормативно-технической документацией и стандартами.

К организационно-техническим причинам электротравм относятся несоблюдение технических мероприятий безопасности, несвоевременная замена неисправного или устаревшего оборудования и использование установок, не принятых в эксплуатацию в предусмотренном порядке (в том числе самодельных). При установлении организационно-технических причин следует руководствоваться соответствующими правилами [4].

К организационным причинам электротравм относятся невыполнение или неправильное выполнение организационных мероприятий безопасности, а также несоответствие работы заданию. При установлении организационных причин следует руководствоваться требованиями, изложенными в работе [4], а также сведениями о личных данных пострадавшего (возраст, профессия, стаж по профессии, группа по электробезопасности, категория работника).

К организационно-социальным причинам электротравм относятся: работа в сверхурочное время (в том числе работа по ликвидации последствий аварий), несоответствие работы специальности, нарушение трудовой дисциплины, допуск к работе лиц моложе 18 лет, а также имеющих медицинские противопоказания, привлечение к работе лиц, не оформленных приказом о приеме на работу в организацию. При установлении организационно-социальных причин следует руководствоваться законодательством о труде.

84. Схемы прикосновения к проводам электрических сетей и формулы определения тока, протекающего через человека

Вид прикосновения	Схема прикосновения	Формула определения тока
	Трехфазные сети	
Однофазное прикосновение к сети с изолированной нейтралью источника питания при нормальном режиме сети		$I_ч = \dfrac{U_ф}{\sqrt{1+\dfrac{r(r+6R_ч)}{9R_ч^2\,(1+r^2\omega^2C^2)}}}$ при $C \approx 0$ $I_ч = 3\,U_ф/(3R_ч + r)$ при $r \to \infty$ $I_ч = 3U_ф\omega C/\sqrt{1+9R_ч^2\omega^2C^2}$
То же, когда одна из фаз сети замкнута на землю		$I_ч = U_л/(R_ч + R_к)$
Однофазное прикосновение к сети с заземленной нейтралью источника питания при нормальном режиме сети		$I_ч = U_ф/(R_ч + R_0) \approx$ $\approx U_ф/R_ч$ $R_0 \ll R_ч$
То же, когда одна из фаз сети замкнута на землю		$I_ч = \dfrac{U_ф(R_0\sqrt{3} + R_к)}{R_0R_к + R_ч\,(R_0 + R_к)}$ если $R_к \to 0$ $I_ч \approx U_л/R_ч$ если $R_0 \ll R_к$ $I_ч \approx U_ф/R_ч$
Прикосновение к фазному и нулевому проводу сети		$I_ч = U_ф/R_ч$
Двухфазное прикосновение		$I_ч = U_л/R_ч$

Вид прикосновения	Схема прикосновения	Формула определения тока
Однофазные сети и сети постоянного тока		
Однополюсное прикосновение к изолированной от земли сети		$I_ч = U_c/(r+2R_ч)$
Однополюсное прикосновение к сети с заземленной средней точкой		$I_ч = \frac{U_c}{2(R_ч+R_0)} \approx \frac{U_c}{2R_ч}$ $R_0 \ll R_ч$
Однополюсное прикосновение к сети с заземленным полюсом		$I_ч = U_c/(R_ч + R_0) \approx$ $\approx U_c/R_ч$ $R_0 \ll R_ч$
Однополюсное прикосновение при замыкании на землю другого полюса		$I_ч = U_c/(R_ч + R_к)$
Двухполюсное прикосновение		$I_ч = U_c/R_ч$

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: $U_ф$, $U_л$, U_c — напряжения фазное, линейное, однофазной сети или сети постоянного тока соответственно; r — сопротивление утечки проводов сети (сумма сопротивлений изоляции и пути тока на землю); C — емкость проводов сети по отношению к земле; $R_ч$ — сопротивление цепи человека; R_0, $R_к$ — сопротивления рабочего заземления источника питания и переходное в месте замыкания на землю соответственно; $\omega = 2\pi f$ — угловая частота тока; f — частота тока; если $f = 50$ Гц, $\omega = 314$ с$^{-1}$.

12.3. Опасность при эксплуатации электроустановок

Прикосновение к токоведущим частям под напряжением. Анализ опасности прикосновения к токоведущим частям под напряжением имеет целью установление зависимостей, позволяющих определять значение тока, протекающего через человека при различных случаях прикосновения к элементам электрических сетей, в зависимости от параметров сети и оценку влияния этих параметров на значение тока через человека (табл. 84). Различают следующие схемы прикосновения к токоведущим частям: однофазное прикосновение (прикосновение к одной фазе трехфазной сети), однополюсное прикосновение-

ние (прикосновение к одному полюсу однофазной сети или сети постоянного тока), двухфазное прикосновение (одновременное прикосновение к двум фазам сети) и двухполюсное прикосновение (одновременное прикосновение к двум полюсам сети).

Анализ формул табл. 83 позволяет сделать вывод, что наиболее опасным является двухфазное и двухполюсное прикосновения. Наименее опасны — однофазные и однополюсные прикосновения при нормальном режиме сетей, изолированных от земли, в случае исправной изоляции и малой собственной

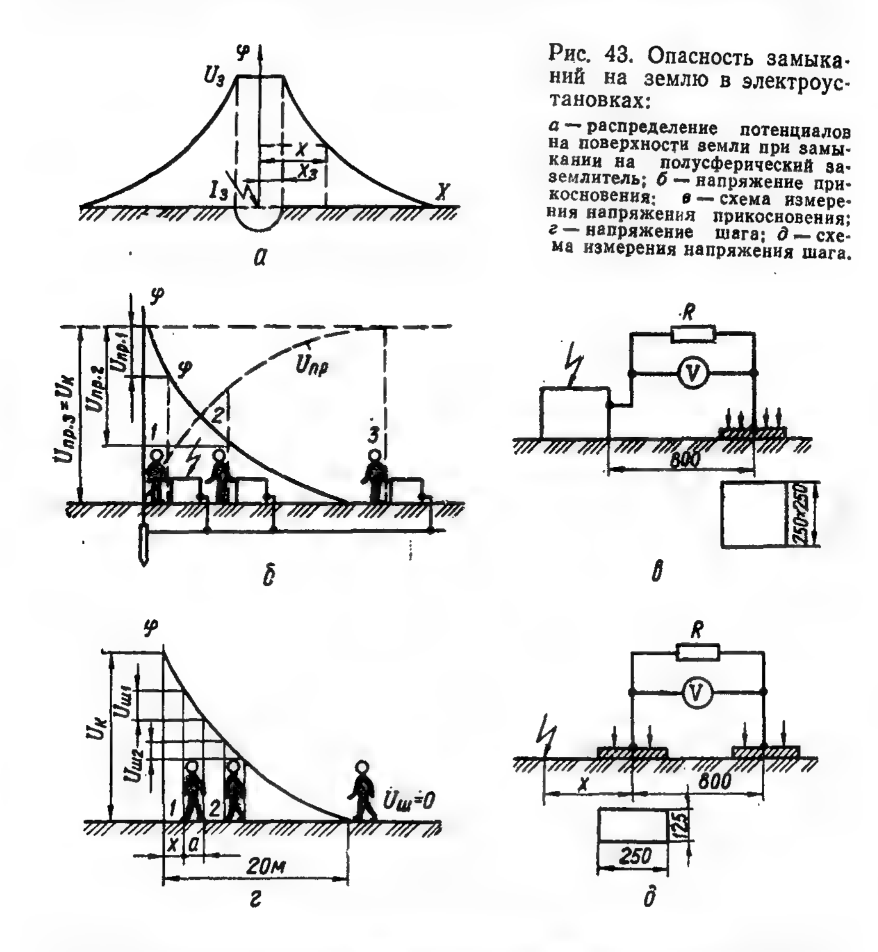


Рис. 43. Опасность замыканий на землю в электроустановках:

а — распределение потенциалов на поверхности земли при замыкании на полусферический заземлитель; *б* — напряжение прикосновения; *в* — схема измерения напряжения прикосновения; *г* — напряжение шага; *д* — схема измерения напряжения шага.

емкости. Замыкание на землю фазы или полюса такой сети значительно повышает опасность прикосновения к исправным фазам или полюсу.

Замыкание на землю в электроустановках. При замыкании в землю стекает ток и на поверхности появляются потенциалы (рис. 43, *а*), закон распределения которых зависит от типа заземлителя (табл. 85).

Зона земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, можно условно принять равным нулю, называется зоной растекания тока замыкания на землю.

При замыкании на землю опасными для человека являются напряжение прикосновения и напряжение шага.

Напряжение прикосновения — это напряжение, под которое попадает стоящий на грунте человек, прикасающийся к оказавшемуся под напряже-

85. Закон распределения потенциалов для некоторых заземлителей [7]

Тип заземлителя	Схема	Формула потенциальной кривой
Полусферической		$\varphi_x = I_з\rho/(2\pi x)$
Стержневой		$\varphi_x = \frac{I_з\rho}{2\pi l}\ln\frac{l+\sqrt{l^2+x^2}}{x}$
Дисковый		$\varphi_x = \frac{I_з\rho}{\pi D}\arcsin\frac{D}{2x}$
Протяженный заземлитель круглого сечения		Вдоль оси: $\varphi_x = \frac{I_з\rho}{2\pi l} \times \ln\frac{2x+\sqrt{l^2+d^2}}{2x-2l+\sqrt{l^2+d^2}}$
		Поперек оси: $\varphi_y = \frac{I_з\rho}{\pi l}\ln\frac{l+\sqrt{l^2+4y^2}}{2y}$
Заземлитель любого типа при расстоянии от заземлителя, значительно превышающем размеры заземлителя	—	$\varphi_x = I_з\rho/(2\pi x)$

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: $I_з$ — ток замыкания на землю, т. е. ток, проходящий через место замыкания на землю; ρ — удельное сопротивление грунта; x и y — текущие координаты.

нием корпусу оборудования (рис. 43, *б*). Оно равно разности потенциалов корпуса $\varphi_к$ и точек почвы, в которых находятся ноги человека $\varphi_х$:

$$U_{пр} = \varphi_к - \varphi_х = U_х\,\alpha_1\alpha_2,$$

где $U_к$ — напряжение на корпусе оборудования относительно точки поверхности земли, находящейся вне зоны растекания тока замыкания на землю; α_1 — коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий форму потенциальной кривой и расстояние от человека до заземлителя; у заземлителя $\alpha_1 \approx 0$, а за пределами зоны растекания $\alpha_1 = 1$; $\alpha_1 = 1 - \varphi_х/\varphi_к \leqslant 1$, потенциал точек почвы $\varphi_х(\varphi_y)$ определяется по табл. 85; α_2 — коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения на сопротивлении опорной поверхности ног: если ноги располагаются на расстоянии шага $\alpha_2 = 1/(1+1{,}55\rho/R'_ч)$, если ноги располагаются рядом $\alpha_2 = 1/(1+2{,}2\rho/R'_ч)$; $R'_ч$ — неполное сопротивление цепи человека (без учета сопротивления опорной поверхности ног).

Напряжение прикосновения увеличивается по мере удаления от заземлителя (места замыкания на землю), и за пределами зоны растекания тока

оно равно напряжению на корпусе оборудования относительно земли. Допустимые величины напряжений прикосновения приведены в табл. 78—80.

Для измерения напряжения прикосновения или тока, обусловленного этим напряжением, на поверхности грунта или пола в местах, где может произойти поражение человека (обычно на расстоянии 80 см от оборудования), укладывают металлическую (алюминиевую или свинцовую) пластину размером 25 × 25 см, имитирующую опорную поверхность ног (рис. 43, *в*). Сопротивление тела человека в измерительной цепи моделируют резистором со следующим сопротивлением (ГОСТ 12.1.038—82): в нормальном режиме электроустановки — 6,7 кОм; при аварийном режиме электроустановок напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью — 1 кОм; при аварийном режиме электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью сети — в зависимости от времени воздействия (время срабатывания защиты и отключения выключателя) — до 0,5 с — 0,85 кОм и более 0,5 с — в зависимости от напряжения прикосновения (рис. 44). Отклонения от указанных значений не должны превышать ± 10 %. Класс точности измерительных приборов — не ниже 2,5. Металлическую пластину нагружают грузом с массой не менее 50 кг, имитирующим массу человека, принимают соответствующие меры безопасности (ГОСТ 12.3.019—80) и выполняют измерения.

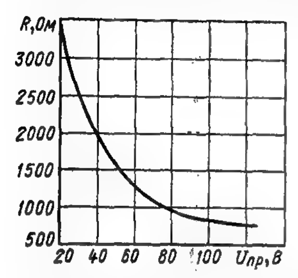


Рис. 44. Зависимость сопротивления резистора модели от напряжения при измерении напряжения прикосновения.

Напряжение шага — это напряжение между двумя точками цепи тока, на которых одновременно стоит человек, находящимися одна от другой на расстоянии шага. Численно оно равно разности потенциалов точек, в которых находятся ноги человека, φ_x и φ_{x+a} (рис. 43, *г*). По аналогии с напряжением прикосновения

$$U_ш = \varphi_x - \varphi_{x+a} = U_к \beta_1 \beta_2,$$

где β_1 — коэффициент напряжения шага, учитывающий форму потенциальной кривой и зависящий от вида заземлителя, расстояния от места замыкания на землю x и длины шага (a = 80 см), $\beta_1 = (\varphi_x - \varphi_{x+a}) / \varphi_з < 1$; $\varphi_з$ — потенциал на заземлителе; β_2 — коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения на опорной поверхности ног ($0 \leqslant \beta_2 \leqslant 1$), $\beta_2 = 1 / (1 + 6{,}2\rho/R'_ч)$.

Напряжение шага прямо пропорционально длине шага и обратно пропорционально расстоянию от места замыкания на землю. За пределами зоны растекания тока ($x \geqslant 20$ м) напряжение шага равно нулю.

Для измерения напряжения шага на требуемом расстоянии от места замыкания на землю x (рис. 43, *д*) на расстоянии, равном длине шага (80 см), располагают две металлические пластины размером 25 × 12,5 см, каждую из которых нагружают грузом массой не менее 25 кг. Измерения проводят аналогично измерениям напряжения прикосновения.

12.4. Защитные меры при нормальном режиме работы электроустановок

Безопасность эксплуатации при нормальном режиме работы электроустановок обеспечивается следующими защитными мерами: применением изоляции, недоступностью токоведущих частей, блокировками безопасности, методами ориентации, применением малых напряжений, изоляцией электрических сетей от земли, компенсацией емкостной составляющей тока замыкания на землю, выравниванием потенциалов и применением изолирующих площадок [7].

Изоляция в электроустановках. Электрическая изоляция — это слой диэлектрика или конструкция, выполненная из диэлектрика, которым то-

коведущие элементы покрываются или отделяются от других конструктивных частей. Изоляция обеспечивает безопасность благодаря большому сопротивлению, которое препятствует протеканию значительных токов через изоляцию.

В электроустановках применяются следующие виды изоляции (ГОСТ 12.1.009—76): рабочая изоляция — электрическая изоляция токоведущих частей, обеспечивающая нормальную работу электроустановки и защиту от поражения электрическим током; дополнительная изоляция — изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции; двойная изоляция — изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной; усиленная изоляция — улучшенная рабочая, обеспечивающая такую же степень защиты, как и двойная.

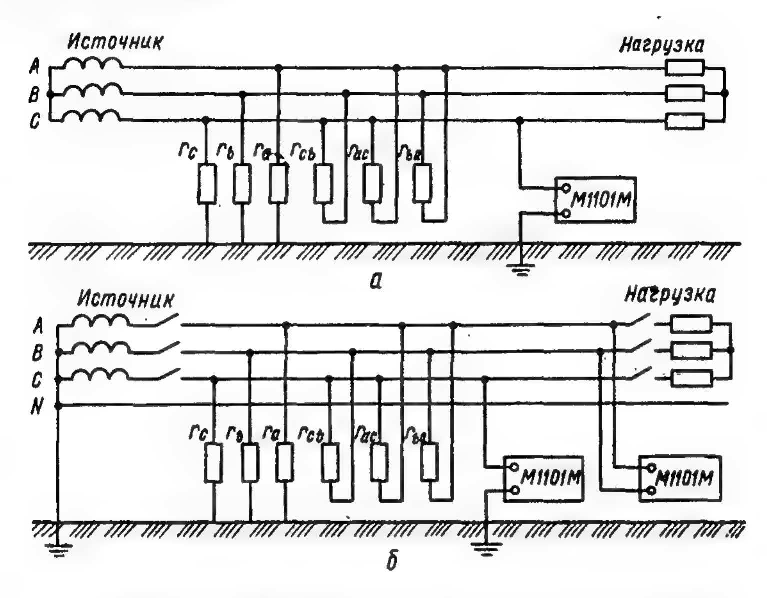


Рис. 45. Схема измерения сопротивления изоляции мегаомметром:
а — в сети с изолированной нейтралью без отключения оборудования и источника питания; *б* — в сети с глухозаземленной нейтралью при отключении оборудования от земли.

Состояние изоляции характеризуется тремя параметрами: электрической прочностью, электрическим сопротивлением и диэлектрическими потерями. Параметры изоляции ухудшаются с повышением температуры, с увеличением приложенного напряжения и в результате старения. Для определения пригодности изоляции проводят испытания: приемосдаточные вновь вводимого в эксплуатацию или прошедшего восстановительный ремонт или реконструкцию электрооборудования; испытания при капитальном и текущем ремонтах; межремонтные испытания в сроки, установленные правилами [4], или в случае обнаружения дефектов; постоянный контроль изоляции — измерение сопротивления изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки. Электрическая прочность изоляции определяется испытанием на пробой повышенным напряжением, электрическое сопротивление — измерением, а диэлектрические потери — специальными исследованиями. В электроустановках напряжением выше 1000 В проводят все виды испытаний, а до 1000 В — только испытание повышенным напряжением и измерения сопротивления.

Контроль состояния изоляции проводят по нормам и в сроки, установленные правилами (табл. 86, 87) [4; 5].

86. Срок, объем и нормы контроля изоляции некоторых находящихся в эксплуатации электроустановок потребителей [4]

Наименование испытаний	Вид и периодичность испытаний (примеч. 1)	Нормы испытания	Условия проведения испытания
		1. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы (далее — трансформаторы)	
Измерение сопротивления изоляции: обмоток с определением R_{60}/R_{15}	К, Т, М	При К нормируются R_{60} (примеч. 4). При Т и М не нормируются ни R_{60}, ни R_{60}/R_{15}, но они не должны снижаться за время ремонта более чем на 30 %	Проводится до ремонта и после окончания, при одной температуре или приводится к одной температуре $U_м = 2{,}5$; измерения проводятся между смежными обмотками и между обмотками и баком
ярмовых балок, прессующих колец и доступных для выявления замыкания стяжных шпилек	К, Т	$R_и$ — не нормируется	$U_м = 1{,}0 \ldots 2{,}5$; измерения проводятся у масляных трансформаторов только при К, а у сухих — при К и Т
Измерение тангенса угла диэлектрических потерь $\mathrm{tg}\,\delta$ изоляции обмоток	К, М	При К наибольшие значения $\mathrm{tg}\,\delta$ приведены в примеч. 5, при М — $\mathrm{tg}\,\delta$ не нормируются	При М измерение проводится у силовых трансформаторов с $U_н = 110$ и выше или мощностью 31,5 МВ·А и более
Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:	К		
изоляции обмоток 35 кВ и ниже вместе с вводами		$U_п$ приведены в примеч. 6; $t_и = 60$	При К без замены обмоток и изоляции испытание маслонаполненных трансформаторов не обязательно
изоляции доступных для испытания стажных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок		$U_п = 1{,}0$ или $U_м = 2{,}5$; $t_и = 60$, если заводом-изготовителем не установлены более жесткие нормы	Испытание проводится в случае осмотра активной части
		2. Электродвигатели переменного тока	
Измерение сопротивления изоляции: обмоток статора, а у электродвигателей с $U_н$ выше 3 или P более 3 также R_{60}/R_{15}	К, Т	При $U_н$ до 0,66 в холодном состоянии R_{60} не менее 1,0; при температуре 60° С — 0,5; при $U_н$ выше 0,66 R_{60} не нормируется	При $U_н$ до 0,66 $U_м = 1{,}0$ при $U_н$ выше 0,66 $U_м = 2{,}5$

обмоток ротора	К, Т	Не нормируется	В синхронных двигателях и асинхронных двигателях с фазным ротором при $U_н = 3{,}0$ и выше или P более 1000 $U_м = 1{,}0$
термоиндукторов с соединительными проводами	К	Не нормируется	$U_м = 0{,}25$
подшипников	К	»	В электродвигателях при $U_н = 3{,}0$ и выше, подшипники которых имеют изоляцию относительно корпуса, проводится при ремонтах с выемкой ротора относительно фундаментной плиты при полностью собранных маслопроводах; $U_м = 1{,}0$
Испытание повышенным напряжением промышленной частоты	К	$U_п$ приведены в примеч. 7; $t_и = 60$	$U_п = 1{,}0$ может быть заменено $U_м = 2{,}5$. Обмотки ротора и статора испытываются на полностью собранном электродвигателе для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. При отсутствии выводов каждой фазы в отдельности допускается испытывать изоляцию всей обмотки относительно корпуса
		3. Машины постоянного тока	
Измерение сопротивления изоляции обмоток и бандажей	К, Т	При $U_н$ до 0,5 $U_м = 0{,}5$; при $U_н$ выше 0,5 $U_м = 1{,}0$; $t = 60$; $R_и$ не менее 0,5	Сопротивление изоляции обмоток измеряется относительно корпуса, а бандажей — относительно корпуса и удерживаемых ими обмоток вместе с соединенными с ними цепями и кабелями
Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:	К	$t_и = 60$	Не проводится у машин P до 200 на $U_н$ до 0,44
обмоток		$U_п = 1{,}6U_н + 0{,}8$ для $U_н$ выше 0,1 и P до 1000 принимается не менее 1,2; для других значений $U_н$ и P — полученное по расчету	Измерение производится для машин P более 3
бандажей якоря, реостатов и пускорегулирующих резисторов		$U_п = 1{,}0$ $U_п = 1{,}0$	

Продолжение табл. 86

Наименование испытаний	Вид и периодичность испытаний (примеч. 1)	Нормы испытания	Условия проведения испытания
4. Силовые кабельные линии			
Измерение сопротивления изоляции	К, Т, М	$U_м = 2{,}5$, $t_и = 60$; $R_и = 0{,}5$	—
Испытание повышенным выпрямленным напряжением:	К, Т, М	$t_и = 300$	
напряжением выше 1 кВ (кроме резиновых 3—10 кВ)		Для $U_н = 2$—10 для К $U_в = 6U_н$; для Т, М $U_в = (5...6)\,U_н$. Для $U_н = 20$—35 для К $U_в = 5U_н$, для Т, М $U_в = (4...5)\,U_н$	Групповые кабели на подстанции могут испытываться без отсоединения от шин. Испытание кабелей в пределах одного распредустройства рекомендуется проводить не чаще 1 раза в год
напряжением 3—10 кВ с резиновой изоляцией (КШВГ, ЭВТ и др.)		$U_в = 2U_н$	—
5. Комплектные распределительные устройства (КРУ, КРУН и др.)			
Измерение сопротивления изоляции:	К		
первичных цепей		$U_м = 2{,}5$; для полностью собранных цепей при $U_н = 3$—10 $R_и = 300$, при $U_н = 15$—150 $R_и = 1000$	—
вторичных цепей		$U_м = 0{,}5$—$1{,}0$ $R_и = 1{,}0$	—
Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:	К		
изоляции ячеек		$t_и = 60/300$, см. примеч. 8 при $U_н$ до 0,69 $U_п = 1/1$ 3 . . . . . . 24/22 6 . . . . . . 32/29 10 . . . . . . 42/38 15 . . . . . . 55/50 20 . . . . . . 65/59 35 . . . . . . 95/86	—

изоляции вторичных цепей		$t_и = 60$; $U_п = 1{,}0$ или $U_м = 2{,}5$	При испытании $U_м = 2{,}5$ можно не выполнять измерение $R_и$
6. Электропроводки, аппараты, вторичные цепи и электроустановки напряжением до 1000 В			
Измерение сопротивления изоляции	К, Т, М	См. табл. 87	—
Испытание повышенным напряжением промышленной частоты электротехнических изделий при $U_н$ выше 12 В переменного тока и 48 В постоянного тока:	К	$t_и = 60$	
изоляции обмоток и токоведущего кабеля ручного электроинструмента относительно корпуса и наружных металлических деталей		Для $U_н = 0{,}042$ $U_п = 0{,}55$ для $U_н = 0{,}042$: при P до 1,0 $U_п = 0{,}9$; при $P > 1{,}0$ $U_п = 1{,}35$	См. примеч. 9. Если $R_и$ не менее 10, то испытание изоляции может быть заменено измерением R_{60} при $U_м = 2{,}5$
изоляции обмоток понижающих трансформаторов		При $U_н$ первичной обмотки 0,127—0,22 $U_п = 1{,}35$ при $U_н$ первичной обмотки 0,38—0,44 $U_п = 1{,}8$	См. примеч. 10
силовых и вторичных цепей $U_н$ выше 60 В, не содержащих устройств с микроэлектронными элементами:	К	$U_п = 1{,}0$ $t_и = 60$	
изоляции распределительных устройств, элементов приводов выключателей, короткозамыкателей, отделителей, аппаратов, а также вторичных цепей управления, защиты, автоматики, телемеханики и т. д.			Напряжением 1 кВ не испытываются цепи на напряжение 60 В и ниже. Испытание $U_п = 1{,}0$ может быть заменено измерением R_{60} при $U_м = 2{,}5$, при этом можно не проводить измерение сопротивления изоляции
изоляции силовых и осветительных электропроводок			Проводится в случае, если $R_и$ оказалось менее 0,5

Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения видов испытаний: К — испытания при капитальном ремонте оборудования, Т — испытания при текущем ремонте, М — межремонтные испытания (межремонтные испытания, не связанные с выводом электрооборудования в ремонт). Периодичность проведения испытания: для силовых трансформаторов *К* при

Продолжение табл. 86

$U_н$ = 110 кВ и выше и мощностью 80 МВ · А и более проводятся первый раз не позднее чем через 12 лет после ввода в эксплуатацию и в дальнейшем в зависимости от их состояния, а для остальных трансформаторов — по результатам их испытаний и состоянию, Т — для регулируемых под нагрузкой трансформаторов (с РПН) 1 раз в год, для трансформаторов без РПН главных подстанций 35 кВ и выше — не реже 1 раза в 2 года, а для остальных — по мере необходимости, но не реже 1 раза в 4 года; М — устанавливается системой ППР (планово-предупредительных ремонтов); для электродвигателей переменного и машин постоянного тока К, Т, М — сроки устанавливаются системой ППР, а для двигателей ответственных механизмов и работающих в тяжелых условиях (в помещениях с повышенной и особой опасностью в отношении поражения людей электрическим током) К — не реже 1 раза в 2 года; для силовых кабельных линий К, Т, М — сроки устанавливаются системой ППР, но не реже К — 1 раза в 6 лет, Т и М — 1 раза в 3 года; для комплектных распредустройств К, М — сроки устанавливаются системой ППР, но К — не реже 1 раза в 6 лет; для электропроводок, аппаратов, вторичных цепей и электроустановок напряжением до 1000 В К, Т, М — сроки устанавливаются системой ППР по местным условиям и эксплуатации, но не реже К — 1 раза в 12 лет, Т и М — 1 раза в 6 лет.

2. В таблице приняты следующие буквенные обозначения: $U_н$ — номинальное напряжение электроустановки, кВ; $U_р$ — напряжение на кольцах асинхронного двигателя при разомкнутом и неподвижном роторе и номинальном напряжении на статоре, кВ; $U_м$ — номинальное напряжение мегаомметра, кВ; $U_п$ — повышенное напряжение промышленной частоты, кВ; $U_в$ — повышенное выпрямленное напряжение, кВ; P — номинальная мощность электроустановки, кВт; $R_и$ — минимально допустимое сопротивление изоляции, МОм; R_{60} — минутное измеренное сопротивление изоляции, МОм; R_{15} — 15-секундное измеренное сопротивление изоляции, МОм; $t_и$ — время приложения испытательного напряжения, с.

3. Если параметры не нормируются, то они должны учитываться при комплексном рассмотрении результатов измерений и сопоставляться с ранее полученными данными.

4. Наименьшие допустимые R_{60}, МОм, в зависимости от температуры обмотки, °С, при высшем напряжении до 35 кВ (числитель) и 110 кВ (знаменатель): 10° — 450/900; 20° — 300/600; 30° — 200/400; 40° — 130/260; 50° — 90/180; 60° — 60/120; 70° — 40/80.

5. Наибольшие допустимые значения tg δ, %, изоляции обмоток трансформаторов в масле в зависимости от температуры обмотки для трансформаторов 35 кВ мощностью более 10 МВ · А и 110—150 кВ — всех мощностей: 10° — 1,8; 20° — 2,5; 30° — 3,5; 40° — 5,0; 50° — 7,0; 60° — 10,0; 70° — 14,0.

6. При ремонте с полной заменой обмоток и изоляции трансформаторы испытываются $U_п$, равным заводскому испытательному напряжению, при частичном ремонте $U_п$ принимается равным 0,9 заводского, а при ремонте без замены обмоток и изоляции или только с заменой изоляции — 0,85 заводского испытательного напряжения. Заводское испытательное напряжение промышленной частоты, кВ, при номинальном напряжении испытываемой обмотки, кВ, для трансформаторов с нормальной изоляцией и вводами на номинальное напряжение (числитель) и трансформаторов с облегченной изоляцией, в том числе сухих (знаменатель): до 0,69—5/3; 3 — 18/10; 6 — 25/16; 10 — 35/24; 15 — 45/37; 20 — 55/—; 35 — 85/—.

7. Испытание при капитальном ремонте:

без замены обмоток для обмотки статора электродвигателя $P = 40$ и более для $U_н$ до 0,4 $U_п = 1{,}0$; $U_н = 0{,}5$, $U_п = 1{,}5$; $U_н = 0{,}66$, $U_п = 1{,}7$; $U_н = 2$, $U_п = 4{,}0$; $U_н = 3$, $U_п = 5{,}0$; $U_н = 6$, $U_п = 10{,}0$; $U_н = 10$, $U_п = 16$; для обмотки статора электродвигателя $P < 40$ для $U_н$ до 0,66 $U_п = 1{,}0$; для обмотки ротора синхронного двигателя $U_п = 1{,}0$;

при частичной замене обмотки статора запасные катушки перед закладкой в электродвигатель $U_п = 2{,}25U_н + 2$, то же после закладки в пазы перед соединением со старой частью обмотки $U_п = 2U_н + 1$, оставшаяся часть обмотки $U_п = 2U_н$, главная изоляция обмотки полностью собранного электродвигателя $U_п = 1{,}7U_н$, у асинхронных электродвигателей с фазным ротором после сборки $U_п = 1{,}5U_р$, но не ниже 1,0;

при полной смене обмотки ротора асинхронного двигателя с фазным ротором: стержни обмотки после изготовления и до закладки в пазы $U_п = 2\ U_р + 3$, то же после закладки в пазы и до соединения $U_п = 2\ U_р + 2$, обмотка после соединения $U_п = 2U_р + 1$, вся обмотка после присоединения новых катушек $U_п = 1{,}7U_р$, но не ниже 1.

8. В числителе приведены нормы для фарфоровой изоляции, в знаменателе — для других видов изоляции.

9. У электроинструмента корпус и выполненные из диэлектрика детали на время испытаний должны быть обернуты металлической фольгой, соединенной с заземлителем.

10. Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой из обмоток, при этом остальные обмотки должны быть электрически соединены с заземленным корпусом и магнитопроводом.

11. Сроки, объем и нормы контроля изоляции других электроустановок приведены в работе [4].

87. Минимально допустимые сопротивления изоляции электроустановок, аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В [4]

Электроустановка	Напряжение мегаомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм	Указания по проведению испытаний
1. Электроустановки на напряжение выше 12 В переменного тока и 36 В постоянного тока:	100—1000 или по указанию завода-изготовителя	Должно соответствовать техническим условиям, как правило, не менее 0,5	При отсутствии указаний завода-изготовителя сопротивление изоляции блоков с полупроводниковыми приборами измеряется мегаомметром $U_м = 100$ В, при этом диоды, транзисторы и другие полупроводниковые приборы должны быть зашунтированы

Продолжение табл. 87

Электроустановка	Напряжение мегаомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм	Указания по проведению испытаний
1.1. Электрические аппараты на напряжение, В:		Должно соответствовать техническим условиям, как правило, не менее 0,5	Настоящий подпункт распространяется на К и Т автоматических и неавтоматических выключателей, контакторов, магнитных пускателей, реле, контроллеров, предохранителей, резисторов, реостатов и других аппаратов до 1000 В, если они демонтированы для этих целей. Испытания недемонтированных аппаратов, а также М их проводятся согласно требованиям и периодичности измерений распределительных устройств, щитов, силовых, осветительных или вторичных цепей
до 42	100		
свыше 42 до 100	250		
свыше 100 до 380	500		
свыше 380	1000		
1.2. Ручной электроинструмент и переносные светильники со вспомогательным оборудованием (трансформаторы, преобразователи частоты, защитно-отключающие устройства, кабели-удлинители и т. д.), сварочные трансформаторы	500	После капитального ремонта: между находящимися под напряжением деталями для рабочей изоляции — 2,0; для дополнительной — 5,0; для усиленной изоляции — 7,0. В эксплуатации: 0,5; для изделий класса II — 2,0	У инструмента измеряется сопротивление обмоток и токоведущего кабеля относительно корпуса и наружных металлических деталей; у трансформаторов — между первичной и вторичной обмотками и между каждой из обмоток и корпусом; не реже 1 раза в 6 мес
1.3. Краны и лифты	1000	0,5	Производится не реже 1 раза в год
2. Силовые и осветительные электропроводки	1000	0,5	Сопротивление изоляции при снятых плавких вставках измеряется на участке между смежными предохранителями или за последними предохранителями между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами. При измерении сопротивления в силовых цепях должны быть отключены электроприемники, а также аппараты, приборы и т. п.

			При измерении в осветительных цепях лампы должны быть вывинчены, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки присоединены. В цепях освещения от групповых щитков до светильников допускается не выполнять измерения сопротивления изоляции, если для проверки изоляции требуется значительный объем работ по демонтажу схемы и эти цепи защищены предохранителями или обратнозависящими расцепителями. Проверка состояния таких цепей, приборов и аппаратов должна проводиться путем тщательного внешнего осмотра не реже 1 раза в год. При заземленной нейтрали осмотр проводится совместно с проверкой обеспечения срабатывания защиты согласно [5] Сопротивление изоляции электропроводок в особо сырых и жарких помещениях, в наружных установках, а также в помещениях с химически активной средой измеряется в полном объеме не реже 1 раза в год
3. Распределительные устройства, щиты и токопроводы	1000	0,5	Для каждой секции распределительного устройства Проводится по возможности одновременно с испытанием электроустановок силовых и осветительных цепей, присоединенных к устройствам, щитам или токопроводам
4. Вторичные цепи управления, защиты, измерения, автоматики, телемеханики и т. п.	—	—	В схемах управления, защиты, измерения, автоматики и телемеханики допускается не выполнять измерение сопротивления изоляции, если для проверки требуется значительный объем работ по демонтажу схемы и т. д., как для п. 2
4.1. Шинки постоянного тока и шинки напряжения на щите управления (при отсоединенных цепях)	500—1000	10	—

Продолжение табл. 87

Электроустановка	Напряжение мегаомметра, В	Сопротивление изоляции, МОм	Указания по проведению испытаний
4.2. Каждое присоединение вторичных цепей и цепей питания приводов выключателей и разъединителей	500—1000	1	Производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. п.)
4.3. Цепи управления, защиты, автоматики, телемеханики, возбуждения машин постоянного тока на напряжение 500—1000 В, присоединенных к цепям главного тока	500—1000	1	Сопротивление изоляции цепей напряжением до 60 В, нормально питающихся от отдельных источников, измеряется мегаомметром на 500 В и должно быть не ниже 0,5 МОм
4.4. Цепи, содержащие устройства с микроэлектронными элементами, рассчитанные на рабочее напряжение:			
выше 60 В	500	0,5	—
60 В и ниже	100	0,5	—

Примечание. В таблице приняты те же обозначения, что в табл. 86.

88. Технические характеристики мегаомметров

Тип мегаомметра	Номинальное напряжение, В	Пределы измерения сопротивления, МОм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Питание
М1101М	100 500 1000	100 500 1000	200×130×165	3,2	Встроенный генератор с ручным приводом
М1102/1*	500	200	237×177×215	5,5	То же
М4100/1 М4100/2 М4100/3 М4100/4 М4100/5	100 250 500 1000 2500	20 50 100 200 1000	215×213×166** 220×200×140***	4,9 4,5	» »
М4101/1 М4101/2 М4101/3 М4101/4 М4101/5	100 250 500 1000 2500	20 50 100 200 1000	200×155×135	3,5	Сеть 220 В 50 Гц
Ф-4100	2500	50 000	365×285×180	9	Сеть 220 В 50 Гц или внешний источник постоянного тока 12 В
Ф-4101	100 500 1000	20 000	365×296×125	6	То же или встроенные сухие элементы

* Искробезопасный.
** С футляром.
*** С крышкой.

Сопротивление изоляции измеряется с помощью специальных приборов — мегаомметров (табл. 88) в сетях с изолированной нейтралью между каждой фазой и землей без отключения источника питания, что позволяет оценить сопротивление изоляции всей сети, включая и потребителей (рис. 45, *а*), а в сетях с глухозаземленной нейтралью — между каждой фазой и землей и между каждой парой фаз при отключении участка сети от источника питания, что не позволяет судить об общем уровне сопротивления изоляции (рис. 45, *б*).

При двойной изоляции кроме основной рабочей изоляции токоведущих частей применяется слой изоляции, изолирующий человека от металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением при повреждении рабочей изоляции. Наиболее совершенный способ применения двойной изоляции — это изготовление корпусов электрооборудования из изолирующего материала. С двойной изоляцией изготовляются аппаратура электропроводок (распределительные коробки, выключатели, розетки, вилки, патроны ламп накаливания), переносные светильники, электроизмерительные приборы, электрифицированные ручные инструменты и некоторые бытовые приборы. Распространению электрооборудования с двойной изоляцией препятствуют недостатки, присущие используемым пластмассам (недостаточная механическая прочность, ненадежность соединений с металлом и старение).

Стационарные ограждения и расположение токоведущих частей на недосягаемой высоте. Ограждения могут быть сплошными, сетчатыми (с размерами ячеек сетки не менее 10 × 10 мм и не более 25 × 25 мм) или смешанными. Ограждения оборудуются крышками, дверцами или дверями, запирающимися на замок или снабженными блокировками. Высота ограждений электроустановок, м, [5] приведена ниже:

Барьер при входе в камеры выключателей, трансформаторов и других аппаратов	1,2
Ограждение:	
территории открытой подстанции	1,8—2,0
распределительных устройств напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока (распредщиты, щиты управления и т. д.)	1,7
токоведущих частей и электрооборудования:	
закрытых распредустройств и трансформаторов внутри зданий	1,9
открытых распредустройств и открыто установленных трансформаторов	2 или 1,6

Расположение токоведущих частей на недосягаемой высоте обеспечивает безопасность без ограждений. Выбирая высоту подвеса проводов, следует учитывать возможность неумышленного произвольного прикосновения к токоведущим частям под напряжением длинными металлическими предметами (инструментами, приспособлениями и др.). Высота подвеса токоведущих частей зависит от напряжения и условий прохождения линии [5]:

Наименьшая высота подвеса проводов воздушных линий электропередачи над землей, м

Населенная местность:	
нормальный режим	6/7
при обрыве провода в соседнем пролете	—/4,5
Ненаселенная местность	6/6
Труднодоступная местность	3,5/5
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т. п.	1/3

Примечания: 1. В числителе указаны расстояния для ВЛ напряжением до 1000 В, в знаменателе — выше 1000 В и до 110 кВ включительно. 2. Населенной местностью называются земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов. Ненаселенной местностью называются земли единого государственного земельного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственных машин, угодья, огороды, сады, местности с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями). Труднодоступной местностью называется местность, недоступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Наименьшая высота подвеса токоведущих частей подстанций над уровнем земли (пола), м

Напряжением до 1000 В переменного тока, над проходами	2,2
Напряжением переменного тока выше 1000 В для номинальных напряжений:	
до 10 кВ включительно	2,5/2,9
20 кВ	2,7/3,0
35 кВ	2,7/3,1
110 кВ	3,4/3,6

Примечание. В числителе указана высота для закрытых, в знаменателе — для открытых распредустройств.

Наименьшие расстояния от наружных электропроводок напряжением до 1000 В с изолированными проводами, м

До земли:	
вне проезжей части	3,5
на пересечении проезжей части дороги	6,0
перед вводом и при вводе в здание	2,75
При горизонтальной прокладке по стенам:	
над балконом, крыльцом и кровлей промышленного здания	2,5
под окном	0,5
под балконом	1,0
При вертикальной прокладке по стенам:	
до окна	0,75
до балкона	1,0

Наименьшая высота расположения токопроводов над уровнем пола или площадки обслуживания, м

В производственных помещениях

При напряжении 42 В и ниже переменного тока и 110 В и ниже постоянного тока, любое исполнение	Не нормируется
При напряжении до 1000 В, при исполнении	
*IP*00	3,5
*IP*31	2,5
*IP*20 и выше с изолированными шинами, а также *IP*40 и выше	Не нормируется
При напряжении выше 1000 В исполнением *IP*41 и выше	2,5

В электропомещениях промышленных предприятий

При напряжении до 1000 В исполнением *IP*00 и выше	Не нормируется
При напряжении выше 1000 В исполнением ниже	
*IP*41	2,5
*IP*41 и выше	Не нормируется

Блокировки безопасности. По принципу действия блокировки разделяют на механические, электромагнитные и электрические.

Механические блокировки применяются в электрических аппаратах (пускателях, рубильниках, автоматических выключателях) в виде защелок, стопорящих поворотную часть механизма в отключенном состоянии. Механические и электромагнитные блокировки в виде замков (механических или электромагнитных) применяются на подстанциях для обеспечения определенной последовательности включений и отключений.

Электрическая блокировка применяется в технологических электроустановках напряжением до 1000 В и испытательных стендах при любых напряжениях. При электрической блокировке наиболее целесообразно дистанционное управление электроустановкой, расположенной за ограждением (рис. 46). В этом случае блокировочные контакты (*SQ*), сблокированные с дверью или крышкой, при открытии двери

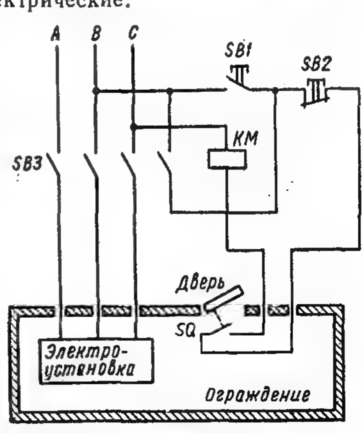


Рис. 46. Схема электрической блокировки.

или снятии крышки размыкают цепь питания катушки магнитного пускателя (*КМ*). При такой схеме обрыв цепи управления и случайное закрытие двери не представляет опасности, так как электроустановка будет обесточенной.

Ориентация в электроустановках. Средства ориентации позволяют персоналу ориентироваться при выполнении работ и предостерегают его от ошибочных действий. Ориентацию обеспечивают маркировка частей электрооборудования (цифровые, символические или буквенно-смысловые условные обозначения), предупредительные сигналы надписи и таблички, предупреждающий знак «Осторожно! Электрическое напряжение» (табл. 73), соответствующее расположение и окраска неизолированных токоведущих частей (табл. 89) и световая сигнализация (с помощью сигнальных ламп, например, на подстанциях: «Отключено» — горит зеленая лампа и «Включено» — красная лампа).

89. Цвета окраски и расположение шин в электроустановках [5]

Шина	Цвет окраски шин	Расположение шин: при размещении ошиновки вертикальном	Расположение шин: при размещении ошиновки горизонтальном, наклонном, в треугольник	Расположение шин: в ответвлениях
	При переменном трехфазном токе			
Фаза *А*	Желтый	Верхняя	Наиболее удаленная	Левая
Фаза *В*	Зеленый	Средняя	Средняя	Средняя
Фаза *С*	Красный	Нижняя	Ближняя	Правая
Нулевая рабочая	Голубой	—	—	—
Нулевая защитная	Продольные желтые и зеленые полосы			
	При переменном однофазном токе			
Присоединенная к началу обмотки источника (*А*)	Желтый	—	—	—
Присоединенная к концу обмотки источника (*В*)	Красный	—	—	—
	При постоянном токе			
Положительная (+)	Красный	Нижняя	Ближняя	Правая
Отрицательная (—)	Синий	Средняя	Средняя	Средняя
Нулевая рабочая *М*	Голубой	Верхняя	Наиболее удаленная	Левая

Знак «Осторожно! Электрическое напряжение» применяется для предупреждения об опасности поражения электрическим током во всех отраслях народного хозяйства. Размеры знака для производственного оборудования (сторона теоретического треугольника без учета скругления углов; радиус скругления углов 0,05 длины стороны): 25, 40, 50, 80, 100 и 160 мм; для знака на дверях помещений при расстоянии до наблюдателя меньше 20 м — 360 мм, в малых и средних помещениях при расстоянии до наблюдателя 20—40 м — 450 мм, в больших помещениях и вне помещений при расстояниях до наблюдателя от 40 до 50 м — 710 мм; от 50 до 70 м — 900 мм; от 70 до 100 м — 1120 мм. Фон знака желтый, стрела и кайма — черные.

Малое напряжение. Это — номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Напряжение не выше 42 В включительно должно применяться в помещениях с повышенной и особой опасностью для питания переносных электроприемников при невозможности выполнения защитного заземления или зануления, а также для светильников с лампами накаливания общего освещения, размещаемых над полом на высоте менее 2,5 м, светильников переносных и местного стационарного освещения. А при наличии особо неблагоприятных условий, когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например, работа в котлах), для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

Источниками малого напряжения могут быть батареи гальванических элементов, выпрямительные установки, аккумуляторы и т. д. Наибольшее применение для получения малых напряжений находят понижающие трансформаторы. Для исключения опасности при переходе напряжения с высшей стороны трансформатора на низшую корпуса́, один из выводов, нейтраль или среднюю точку обмотки малого напряжения необходимо заземлять или занулять, а между обмотками высшего и малого напряжения располагать заземленный экран.

12.5. Защитное заземление

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение части электроустановки с заземляющим устройством с целью обеспечения электробезопасности.

Согласно ПУЭ, защитное заземление следует выполнять при напряжении переменного тока 380 В и выше и постоянного тока 440 В и выше во всех электроустановках, при номинальных напряжениях выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной и особой опасностью и в наружных установках, при любых напряжениях постоянного и переменного токов во взрывоопасных зонах.

Защитное заземление является эффективной мерой защиты при питании электрооборудования от электрических сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и напряжением выше 1000 В с любым режимом нейтрали. Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения, что достигается за счет малого сопротивления заземления в электроустановках с изолированной нейтралью (до 1000 В и 6—36 кВ) или за счет повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью (110 кВ и выше).

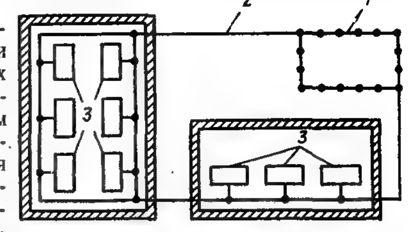


Рис. 47. Выносное заземление:
1 — заземлители; *2* — магистраль; *3* — заземляемое оборудование.

Конструкция заземляющих устройств. Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Заземлителем называется проводник или совокупность соединенных проводников, находящихся в соприкосновении с землей. Заземляющим проводником называется проводник, соединяющий заземляемые части с заземлителем. Заземляющий проводник, имеющий два или более ответвлений, называется магистралью заземления.

В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования заземления бывают выносные или сосредоточенные (заземлители располагаются на большом расстоянии от оборудования, применяются для электроустановок с изолированной нейтралью, рис. 47) и контурные или распределенные (заземлители располагаются по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование, применяются для электроустановок с эффективно заземленной нейтралью).

Заземлители бывают естественные (электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или иного назначения, находящиеся в соприкосновении с землей и используемые для целей заземления) и искусственные (специально выполняемые для целей заземления). Правила устройства электроустановок предписывают в первую очередь использовать естественные заземлители: проложенные в земле металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов; обсадные трубы скважин; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в земле; свинцовые оболочки кабелей (алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве естественных заземлителей) и другие конструкции.

Материалом искусственных заземлителей служит сталь, размеры (не менее) таких заземлителей приведены ниже:

Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм:	
неоцинкованных	10
оцинкованных	6
Сечение прямоугольных заземлителей, мм²	48
Толщина прямоугольных заземлителей, мм	4
Толщина полок угловой стали, мм	4

Искусственные заземлители обычно выполняются в виде вертикальных электродов, соединенных горизонтальным электродом. Вертикальные электроды выполняются в виде стержней диаметром 10—14 мм длиной 5 м и более, реже — уголков. В качестве горизонтальных электродов для связи вертикальных применяются стальные прутки диаметром не менее 10 мм или полосовая сталь сечением не менее 12 × 4 мм. Заземляющие проводники и магистрали заземления должны иметь размеры не менее приведенных в табл. 90.

Требования к заземлению электроустановок. Заземляемые объекты к магистрали заземления должны присоединяться параллельно, последовательное присоединение корпусов оборудования к магистрали заземления запрещено. Соединения заземляющих проводников должны выполняться посредством сварки, а присоединение их к подлежащим заземлению частям оборудования — сваркой или болтовым соединением, это присоединение должно быть доступным для осмотра. Присоединение магистрали заземления к заземлителю должно выполняться не менее чем в двух местах. Наибольшие допустимые ПУЭ сопротивления устройств защитного заземления, Ом, приведены ниже:

Электроустановки напряжением выше 1000 В:	
в сети с эффективно заземленной нейтралью	0,5*
в сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В	$125/I_з$**
то же, при использовании заземляющего устройства только для электроустановок напряжением выше 1000 В	$250/I_з \leqslant 10$
Электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью:	
в общем случае	4
при суммарной мощности генераторов или трансформаторов 100 кВ·А и менее	10

* Напряжение на заземляющем устройстве при стекании тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ.

** Допустимое сопротивление должно быть не более меньшего из значений, полученного при расчете по формуле и требуемого для заземления или зануления электроустановок напряжением до 1000 В.

При удельном сопротивлении грунта ρ, большем 500 Ом · м, допускается повышать допустимое сопротивление заземления в 0,002 ρ, но не более десятикратного.

90. Наименьшие размеры заземляющих и нулевых защитных проводников [5]

Проводники	Медь	Алюминий	Сталь		
			в зданиях	в наружных установках	в земле
Неизолированные проводники:					
сечение, мм²	4	6	—	—	—
диаметр, мм	—	—	5	6	10
Изолированные провода:					
сечение, мм²	1,5	2,5	—	—	—
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами:					
сечение, мм²	1	2,5	—	—	—
Угловая сталь:					
толщина полки, мм	—	—	2	2,5	4
Полосовая сталь:					
сечение, мм²	—	—	24	48	48
толщина, мм	—	—	3	4	4

Расчетный ток замыкания на землю, A, определяется следующим образом: в сетях без компенсации емкостных токов замыкания на землю по формуле $I_з = U_л(35l_к + l_в) / 350$ ($U_л$ — линейное напряжение сети, кВ; $l_к$, $l_в$ — общая длина электрически связанных кабельных и воздушных линий соответственно, км); в сетях с компенсацией емкостных токов ток принимают равным 125 % номинального тока компенсирующих аппаратов.

Расчет заземляющих устройств. Цель расчета — определение количества и размеров заземлителей и составление плана размещения заземлителей и заземляющих проводников.

Исходными данными для расчета являются напряжение заземляемой установки, режим нейтрали установки, величина тока замыкания на землю (для установок напряжением выше 1000 В), удельное сопротивление или вид грунта, план расположения заземляемого оборудования, характеристика естественных заземлителей (сопротивление, количество и размеры).

Существует два метода расчета заземляющих устройств: метод коэффициентов использования электродов, учитывающий однослойную структуру грунта и применяемый для расчета простых заземлителей, и метод наведенных потенциалов, учитывающий двухслойную структуру грунта и применяемый для расчета сложных заземлителей [7].

Порядок расчета заземления методом коэффициента использования электродов следующий:

1. Определяется допустимое сопротивление заземляющего устройства согласно ПУЭ или по формуле

$$R_д \leqslant U_{пр.\,доп}/(I_з \alpha_1),$$

где $U_{пр.\,доп}$ — допустимое напряжение прикосновения (может быть принято по данным табл. 79, 80 в зависимости от времени срабатывания защиты); α_1 — коэффициент напряжения прикосновения (может быть принят по данным § 12.3).

2. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта ρ, в котором предполагается размещать заземлитель, по данным табл. 91 или путем измерений. Расчетное значение ρ по данным измерений определяется с учетом климатического коэффициента:

$$\rho = \rho_{изм}\Psi_{\rho},$$

где $\rho_{изм}$— измеренное удельное сопротивление грунта; ψ_i — расчетный климатический коэффициент (табл. 91).

91. Удельные электрические сопротивления грунта и климатические коэффициенты [7]

Вид грунта	Удельное сопротивление грунта, Ом · м			Климатический коэффициент		
	при влажности 10—12 % к массе грунта	пределы колебаний	рекомендуемое для расчетов	ψ_1	ψ_2	ψ_3
Глина	40	8—70	60	1,6	1,3	1,2
Гравий, щебень	—	—	2000	—	—	—
Каменистый грунт	—	500—8000	4000	—	—	—
Лесс	—	—	250	—	—	—
Песок	700	400—2500	500	2,4	1,56	1,2
Садовая земля	40	30—60	50	—	1,3	1,2
Скалистый грунт	—	10^4—10^7	—	—	—	—
Суглинок	100	40—150	100	2	1,5	1,4
Супесок	300	150—400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	—	20	1,4	1,1	1
Чернозем	200	9—53	30	—	1,32	1,2

Примечания: 1. Под удельным электрическим сопротивлением грунта понимается сопротивление куба грунта между параллельными гранями с ребром длиной 1 м. 2. Расчетные климатические коэффициенты принимаются, в зависимости от условий, в которых проводились измерения: ψ_1 — при большой влажности грунта, γ_2 — при средней влажности и ψ_3 — при сухом грунте.

3. В случае наличия и возможности использования естественных заземлителей определяется сопротивление току растекания этих заземлителей Rе путем измерения или расчетным путем.

4. Если эквивалентное сопротивление всех имеющихся естественных заземлителей больше допустимого сопротивления заземляющего устройства, параллельно естественным заземлителям подключаются искусственные, требуемое сопротивление которых $R_и < R_е R_д / (R_е - R_д)$. Если естественные заземлители не используются, требуемое сопротивление искусственных заземлителей не должно превышать допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_и \leqslant R_д$.

5. Предварительно определяется конфигурация заземлителя (в ряд, прямоугольник и т. д.) с учетом возможности размещения его на отведенной территории.

6. Выбираются тип и размеры заземлителей — вертикальных электродов и соединительной полосы или протяженных заземлителей.

7. Определяется сопротивление растеканию тока с одного заземлителя (R_1, по соответствующим формулам табл. 92).

8. Определяется необходимое количество параллельно соединенных заземлителей:

$$n' = R_1/(R_и \eta_в'),$$

где $\eta_в'$— коэффициент использования заземлителей, учитывающий их взаимное экранирование (выбирается ориентировочно): вертикальных стержневых или уголковых, расположенных в один ряд (рис. 48, *а*), расположенных по контуру (рис. 48, *б*) в зависимости от количества n и отношения расстояния между заземлителями a к их длине l; параллельных полосовых (рис. 48,*д*,

е, ж) в зависимости от длины полос, их количества и расстояния между полосами (глубина заложения $t = 30—80$ см, ширина полосы $b = 2—4$ см); лучевых (рис. 48, *з*) в зависимости от длины луча и количества лучей ($t = 30—80$ см; $b = 2$ см).

Полученное количество заземлителей округляется до целого числа n и находится фактический коэффициент использования вертикальных заземлителей $\eta_в$.

9. Для связи вертикальных электродов применяются горизонтальные электроды — стальная полоса или пруток. Длина горизонтального электрода при расположении заземлителей по контуру $l = an$; при расположении заземлителей в ряд $l = a(n - 1)$.

10. Определяется сопротивление растеканию тока горизонтального электрода ($R_г$) по соответствующей формуле табл. 92.

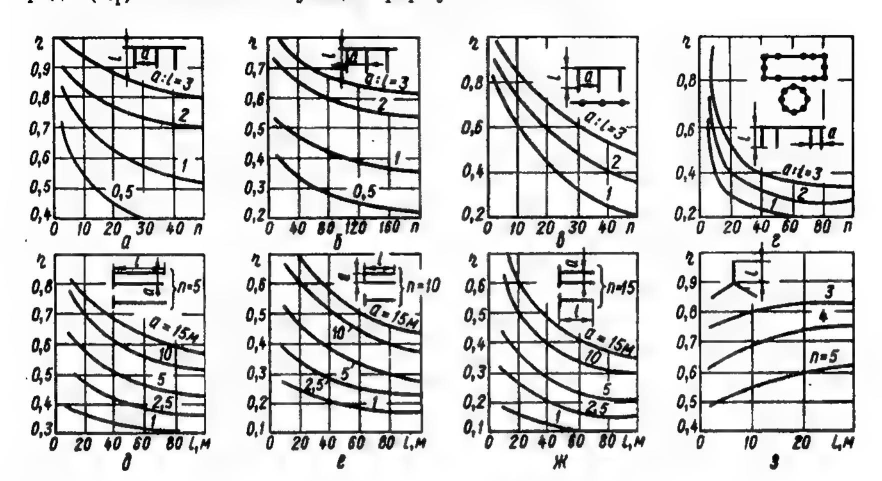


Рис. 48. Коэффициенты использования (экранирования) заземлителей.

11. Определяется сопротивление току растекания искусственных заземлителей

$$R'_и = R_1 R_г / (R_1 \eta_г + R_г n \eta_в),$$

где $\eta_г$ — коэффициент использования горизонтального электрода с учетом вертикальных электродов (рис. 48, *в, г*).

Полученное сопротивление искусственных электродов не должно превышать требуемого сопротивления.

12. При наличии естественных заземлителей определяется общее сопротивление заземлителей $R'_з = R'_и R_е / (R'_и + R_е)$.

13. Если заземляющие проводники имеют большую протяженность и сравнительно большое сопротивление и требуемое сопротивление заземляющего устройства мало́, то учитывается и сопротивление заземляющих проводников $R_{пр}$: $R_з = R'_з + R_{пр}$.

14. Полученное сопротивление заземления не должно превышать допустимого сопротивления $R_з < R_д$.

Эксплуатация и контроль заземляющих устройств. На каждые находящиеся в эксплуатации заземляющие устройства составляется паспорт, содержащий схему заземления, основные технические данные, данные о результатах проверки его состояния, о характере ремонтов и изменениях, внесенных в схему заземления.

92. Определение сопротивления току растекания одиночных заземлителей

Тип заземлителя	Эскиз заземлителя	Формула определения
Вертикальный стержневой круглого сечения у поверхности грунта		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$ $l \gg d$
То же в грунте		$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l}\left(ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\, ln\frac{4t+l}{4t-l}\right)$ $l \gg d$; $t_0 \geqslant 0{,}5$ м
Вертикальный уголковый у поверхности грунта		$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l}\, ln\frac{4{,}2l}{b}$ $l \gg d$
То же в грунте		$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l}\left(ln\frac{2{,}1l}{b} + \frac{1}{2}\, ln\frac{4{,}2t+l}{4{,}2t-t}\right)$ $l \gg d$; $t_0 \geqslant 0{,}5$ м
Протяженный круглого сечения (труба, стержень, кабель) на поверхности грунта		$R_1 = \frac{\rho}{\pi l}\, ln\frac{2l}{d}$ $l \gg d$
То же в грунте		$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l}\, ln\frac{l^2}{dt}$ $l \gg d$; $l \geqslant 4t$
Протяженный полосовой на поверхности грунта		$R_1 = \frac{\rho}{\pi l}\, ln\frac{4l}{b}$ $l \gg b$;
То же в грунте		$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l}\, ln\frac{2l^2}{bt}$ $l \gg b$; $l \geqslant 4t$

Техническое состояние заземляющего устройства определяется путем внешнего осмотра видимой части и осмотра с проверкой наличия цепи между заземлителем и заземляемыми элементами (отсутствие обрывов и неудовлетворительных контактов в заземляющих проводниках и магистрали заземления). Кроме того, измеряется сопротивление заземляющего устройства, проверяется надежность присоединений естественных заземлителей, выборочно вскрывается грунт для осмотра находящихся в земле элементов заземляющего устройства. Внешний осмотр заземляющего устройства проводится одновременно с осмотром электрооборудования. Срок, объем и нормы испытания заземляющих устройств приведены в табл. 93.

Измерение сопротивления заземлителей может осуществляться по схеме амперметра-вольтметра или с применением специальных измерителей заземлений.

93. Сроки, объем и нормы испытания заземляющих устройств [4]

Испытание	Вид испытания	Нормы испытания	Указания
Проверка напряжений прикосновения и на заземляющем устройстве	К, М	Напряжение не должно превышать 500 В при t до 0,1 с; 400 В при t до 0,2 с; 200 В при t до 0,5 с; 130 В при t до 0,7 с; 100 В при t более 1 до 3 с (см. примеч. 2)	Выполняется в электроустановках напряжением 110—220 кВ
Проверка состояния элементов заземляющего устройства	К, Т, М	Элемент заземлителя должен быть заменен, если разрушено более 50 % его сечения	Осмотр элементов, находящихся в земле, со вскрытием грунта проводится выборочно, остальных — в пределах доступности осмотру
Определение сопротивления заземляющего устройства электроустановок	К, Т, М	Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать значений, требуемых ПУЭ	В электроустановках напряжением выше 1000 В и до 35 кВ измерение проводится не реже 1 раза в 6 лет; для лифтов, прачечных и бань — 1 раз в год
Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами	К, Т	Не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов в проводке, соединяющей аппаратуру или нулевой провод с заземлителями. Сопротивление не нормируется	Проводится при каждой перестановке оборудования и после каждого ремонта заземлителей. Обычно сопротивление контакта заземляющих проводников не превышает 0,05 Ом

Примечания: 1. В таблице приняты те же обозначения, что в табл. 86. К, Т, М — проводятся в сроки, устанавливаемые системой ППР, с учетом указаний в таблице, но Т — не реже 1 раза в 3 года. 2. Буквой t обозначена длительность воздействия напряжения прикосновения.

Для измерения сопротивления току растекания заземлителей кроме испытуемого заземлителя R_x требуется два дополнительных заземлителя — потенциальный или зонд $З$ и токовый или вспомогательный заземлитель $В$. Зонд служит для получения в схеме точки с нулевым потенциалом по отношению к потенциалу испытуемого заземлителя. Вспомогательный заземлитель создает цепь для измерительного тока через испытуемый. Эти заземлители располагаются на таком расстоянии от испытуемого и друг от друга, чтобы их поля растекания не накладывались (рис. 49).

Схема амперметра-вольтметра наиболее проста и при условии применения вольтметра с большим внутренним сопротивлением может использоваться при испытании заземлителей с очень малым сопротивлением (десятые доли ома), а также при ответственных испытаниях заземлителей с сопротивлением до 1 Ом. Схема может применяться при измерениях со сравнительно большим измерительным током, т. е. в условиях, близких к реальным. Измерительная схема (рис. 49, *а*) содержит разделительный трансформатор T, как правило, понижающий, амперметр и вольтметр с большим внутренним сопротивлением (электронный или электростатический). Сопротивление испытуемого заземлителя

$$R_x = U/I,$$

где U и I — показания вольтметра и амперметра соответственно.

Для измерения сопротивлений растеканию заземлителей применяются также измерители заземления (табл. 94). Схема измерения с измерителем М-416 приведена на рис. 49, *б*.

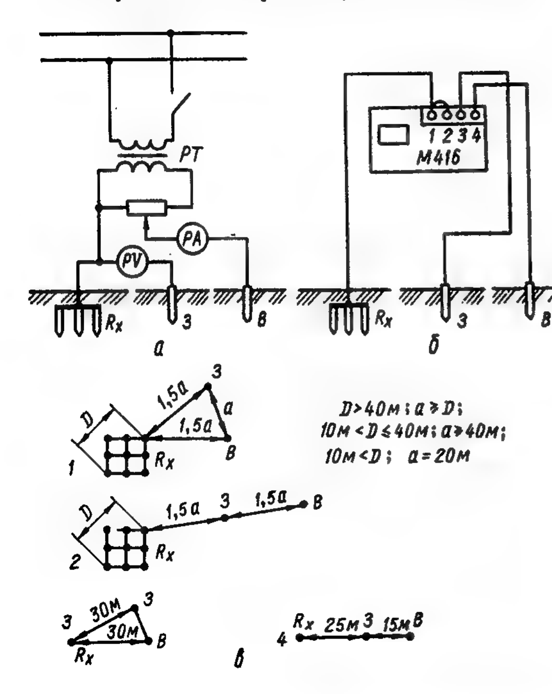


Рис. 49. Измерение сопротивления заземлителей:

а — по схеме амперметра-вольтметра; *б* — измерителем заземлений М-416; *в* — схемы расположения электродов (двухлучевая (*1*) и однолучевая (*2*) схемы для сложных заземлителей и одиночных горизонтальных полос, двухлучевая (*3*) и однолучевая (*4*) для одиночных вертикальных электродов).

12.6. Зануление. Защитное отключение

Зануление в электроустановках напряжением до 1000 В — это преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансфор-

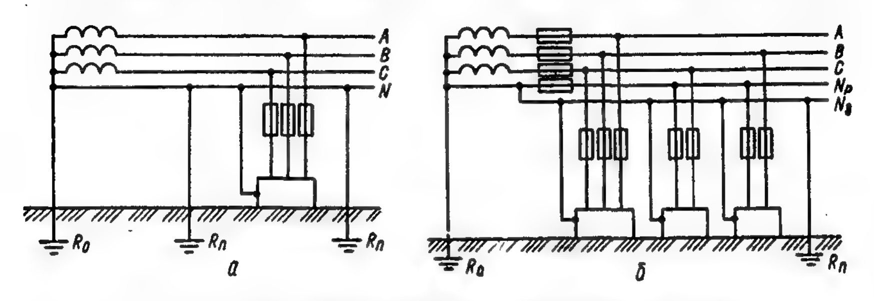


Рис. 50. Схемы зануления электрооборудования в трехфазных сетях:

а — с совмещенным нулевым проводником; *б* — с нулевым рабочим и нулевым защитным проводником.

матора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока (рис. 50).

При наличии зануления замыкание фазы или незаземленных выводов источников однофазного или постоянного тока на корпус превращается в ко-

94. Характеристика приборов контроля защитного заземления и зануления [7]

Тип прибора	Назначения прибора	Пределы измерения сопротивления, Ом	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Искробезопасный измеритель сопротивления заземления М1103	Измерение сопротивления заземляющих устройств на поверхности и в шахтах	До 50	177×237×212	6
Измеритель сопротивления заземления М-416	Измерение сопротивлений заземляющих устройств и активных сопротивлений; определение удельного сопротивления грунта	0,1—1000	245×140×160	3
Измеритель сопротивления заземления М-416/1	Измерение сопротивления заземления в шахтах и рудниках, опасных по пыли и газу	0,1—1000	245×140×160	3,5
Прибор для измерения сопротивления петли фаза—нуль М-417	Измерение сопротивления петли фаза — нуль без отключения напряжения	0,1—1,6	350×300×200	10
Омметр М-372	Измерение сопротивления заземляющей проводки, установление обрыва проводки, обнаружение напряжения на корпусах оборудования	До 50 (напряжение 60—380 В)	190×135×72	1,3

роткое замыкание (в трехфазных сетях — в однофазное короткое замыкание), от тока которого срабатывает устройство максимальной токовой защиты и селективно отключает поврежденную электроустановку. В соответствии с ПУЭ зануление выполняется в тех же случаях, что и защитное заземление корпусов электрооборудования.

Схема зануления включает следующие элементы: нулевой защитный провод (проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтралью источника в трехфазных сетях, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной средней точкой в сетях постоянного тока), который служит для создания цепи с малым сопротивлением для тока замыкания сети на корпус и превращения этого замыкания в короткое замыкание; рабочее заземление (заземление нейтрали трехфазного источника, вывода однофазного источника или средней точки источника постоянного тока, R_0); повторное заземление нулевого защитного провода (заземление, выполненное через определенные промежутки по всей длине нулевого защитного провода, $R_п$).

Требования к занулению состоят в следующем: проводники зануления должны выбираться так, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный провод возникал ток короткого замыкания, превышающий не менее чем в три раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя, или нерегулируемого расцепителя, или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой; при защите сетей автоматическими выключателями с электромагнитными расцепителями эта проводимость должна обеспечивать ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженной на коэффициент разброса (по заводским данным) и на коэффициент запаса 1,1; при отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока короткого замыкания относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а с током более 100 А — не менее 1,25.

Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50 % проводимости фазного проводника. Должна

обеспечиваться непрерывность нулевого защитного проводника от каждого корпуса до заземленной точки источника питания. В связи с этим в цепи нулевых защитных проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей (в цепи нулевых рабочих проводников, которые одновременно служат для целей зануления, допускается применение выключателей, которые одновременно с отключением нулевых рабочих проводников отключают все находящиеся под напряжением провода).

Сопротивление рабочего заземления не должно превышать значений, приведенных в табл. 95. Эти сопротивления должны обеспечиваться с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В при количестве отходящих линий не менее двух. При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более значений, приведенных в табл. 95.

95. Наибольшие допустимые сопротивления рабочего и повторных заземлений, Ом [5]

Напряжение сети, В	Рабочее заземление		Повторное заземление	
	эквивалентное (с учетом естественных заземлителей и повторных заземлений)	в том числе заземлителя вблизи нейтрали источника	эквивалентное сопротивление всех повторных заземлений	в том числе сопротивление каждого повторного заземления
660/380	2	15	5	15
380/220	4	30	10	30
220/127	8	60	20	60

Примечание. При удельном сопротивлении грунта ρ более 100 Ом · м допускается увеличивать указанное сопротивление в 0,01 ρ раз, но не более 10-кратного.

На концах воздушных линий и ответвлений от них длиной более 200 м, а также на вводах от них к электроустановкам, которые подлежат занулению, должны быть выполнены повторные заземления нулевого рабочего провода.

Общее сопротивление всех повторных заземлений (в том числе и естественных заземлителей) должно быть не более значений, приведенных в табл. 95; при этом сопротивление каждого повторного заземления также не должно превышать значений, приведенных в табл. 95.

Расчет зануления состоит из трех частей: расчет на отключающую способность, определение максимального напряжения корпуса оборудования относительно земли при замыкании токоведущей части на корпус и расчет рабочего и повторного заземлений.

Расчет на отключающую способность включает определение величины тока короткого замыкания на корпус и проверку кратности этого тока по отношению к номинальному току устройств максимальной токовой защиты.

Ток короткого замыкания определяется расчетным путем:

для кабельных линий и коротких воздушных линий при малом расстоянии между проводами (например, проводка выполнена в стальных трубах)

$$I_{к.з} = U/(r_т + r_н + z_н);$$

для воздушных линий, выполненных проводами из цветных металлов (меди, алюминия),

$$I_{к.з} = U/(z_н + \sqrt{(r_т + r_н)^2 + x^2}),$$

где U — напряжение силовых токоведущих проводов относительно земли

(фазное в трехфазных сетях, сети однофазного тока, половина напряжения сети постоянного тока), В; $r_т$ и $r_н$ — активные сопротивления токоведущего и нулевого защитного проводов соответственно (определяются по погонному сопротивлению или через удельное сопротивление материала провода — меди 0,0175 Ом · мм²/м, алюминия 0,028 Ом · мм²/м); x — внешнее индуктивное сопротивление петли токоведущий — нулевой защитный провода (0,3 Ом/км для внутренней проводки и 0,6 Ом/км для воздушных линий); $z_и$ — расчетное сопротивление источника питания (табл. 96).

96. Расчетные сопротивления силовых трансформаторов при первичном напряжении 6—10 кВ [7]

Мощность трансформатора, кв · А	Расчетное сопротивление, Ом, при соединении обмоток		Мощность трансформатора, кВ · А	Расчетное сопротивление, Ом, при соединении обмоток	
	$Y/Y_н$	$\Delta/Y_н$ $Y/Z_н$		$\Delta/Y_н$	$Y/Y_н$
Масляные трансформаторы			*Сухие трансформаторы*		
25	1,037	0,302	160	0,055	—
40	0,649	0,187	180	—	0,151
63	0,412	0,120	250	0,035	—
100	0,259	0,075	320	—	0,085
160	0,162	0,047	400	0,022	—
250	0,104	0,030	560	—	0,043
400	0,065	0,019	630	0,014	—
630	0,043	0,014	750	—	0,036
1000	0,027	0,009	1000	0,009	—
1600	0,018	0,006			

Примечания: При выборе трансформаторов следует учитывать, что у трансформаторов с соединением обмоток $\Delta/Y_н$ и $Y/Z_н$ расчетное сопротивление ниже, чем у трансформаторов с соединением обмоток $Y/Y_н$. 2. При использовании трансформаторов со вторичным напряжением $U'_ф$, отличным от 230 В, приведенное расчетное сопротивление необходимо умножить на коэффициент $U'_ф/230)^2$.

Кратность тока короткого замыкания по отношению к номинальному току устройств максимальной токовой защиты не должна быть меньше допустимой: $K_т = I_{к.з.}/I_{ном} \geqslant K_{т.доп}$. Если $K_т$ — меньше допустимого значения, необходимо либо выбрать другой вид защиты, либо увеличить сечение проводов и, в первую очередь, нулевого защитного провода.

Максимальное значение напряжения на корпусе по отношению к земле не должно превышать допустимого напряжения прикосновения:

$$U_{к.\,макс} = I_{к.\,з} z_н \leqslant U_{пр.\,доп},$$

где $z_н$ — полное сопротивление нулевого защитного провода (для кабельных линий $z_н = r_н$, для воздушных линий $z_н = \sqrt{r_н^2 + (x/2)^2}$).

Для снижения напряжения на корпусе необходимо либо уменьшить сопротивление нулевого защитного провода (увеличив его сечение или проложив параллельно несколько проводников) или применить повторное заземление. При наличии повторного заземления нулевого защитного провода напряжение на корпусе

$$U_к = I_{к.\,з} z_н R_п/(R_0 + R_п).$$

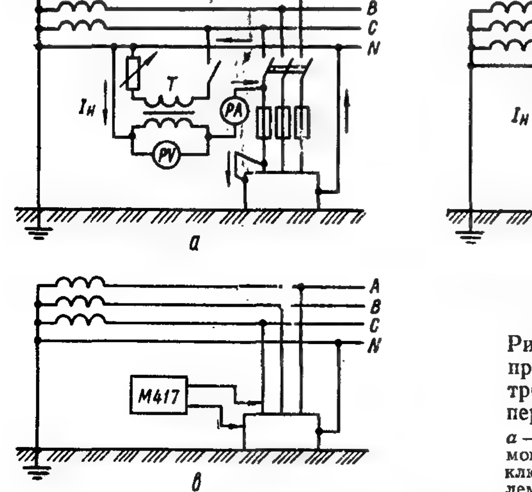
Эквивалентное сопротивление повторных заземлений, обеспечивающее напряжение корпуса относительно земли, не больше допустимой величины:

$$R_{э.\,п} \leqslant U_{пр.\,доп} R_0 / (I_{к.\,з} z_н - U_{пр.\,доп}).$$

Расчет рабочего и повторных заземлений выполняется аналогично расчету защитных заземлений электроустановок (см. § 12.5).

Контроль зануления проводится после монтажа электроустановки, ремонта или реконструкции и периодически согласно системе ППР. Контроль включает внешний осмотр цепи, измерение сопротивления петли токоведущий — нулевой защитный провода и измерение сопротивлений рабочего и повторного заземлений (выполняется аналогично измерению сопротивления защитных заземлений, см. § 12.5).

Для измерения сопротивления петли могут применяться схемы амперметра-вольтметра или специальный измеритель сопротивления петли М-417 (табл. 94).



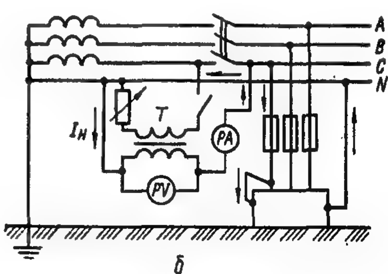


Рис. 51. Схема измерения сопротивления петли фаза-нуль в трехфазной сети по схеме амперметра-вольтметра:

а — с отключением от сети испытуемого электроприемника; *б* — с отключением всей сети; *в* — измерителем М-417.

При применении схем амперметра-вольтметра сопротивление петли измеряется на отключенных электроустановках. Схема измерения с отключением от сети испытуемого электроприемника (рис. 51, *а*) применима при небольшом удалении испытуемой электроустановки от источника питания. При ее применении не учитываются сопротивление источника питания и токоведущего провода от источника до рубильника испытуемой электроустановки, но учитывается сопротивление проводников измерительной сети. Испытуемое оборудование отключается от питающей сети, собирается измерительная схема, состоящая из однофазного понижающего трансформатора T (на напряжение до 42 В), реостата R, вольтметра и амперметра. Реостатом устанавливается измерительный ток, снимаются показания амперметра и вольтметра и определяется сопротивление петли $z_п$. Схема измерения с отключением всей сети (рис. 51, *б*) применима при значительном удалении испытуемой электроустановки от источника питания. При ее применении не учитывается сопротивление источника питания, но учитываются сопротивления токоведущего и нулевого защитного проводов на участке от источника питания до испытуемой электроустановки, а также сопротивление соединительных проводов. Электрическая схема в этом случае аналогична схеме с отключением от сети испытуемого электроприемника.

При использовании этих схем ток короткого замыкания определяется по приближенной формуле с учетом сопротивления источника питания (погрешность в сторону запаса по току): $I_{к.з} = U / (z_п + z_н)$.

Для измерения сопротивления петли токоведущий — нулевой защитный провода с учетом сопротивления источника питания предназначен прибор М417 (табл. 94, рис. 51, *в*). Прибор измеряет сопротивление петли в диапазоне 0,1—1,6 Ом без отключения питания от контролируемой электроустановки.

После расчета тока короткого замыкания определяется кратность превышения им номинального тока устройства максимальной токовой защиты.

Защитное отключение в электроустановках напряжением до 1000 В — это автоматическое отключение всех фаз (полюсов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижение уровня изоляции ниже определенного значения.

Защитное отключение рекомендуется применять в качестве основной или дополнительной (в дополнение к защитному заземлению или занулению) меры защиты, если безопасность не может быть обеспечена путем устройства заземления или зануления либо если устройство заземления или зануления

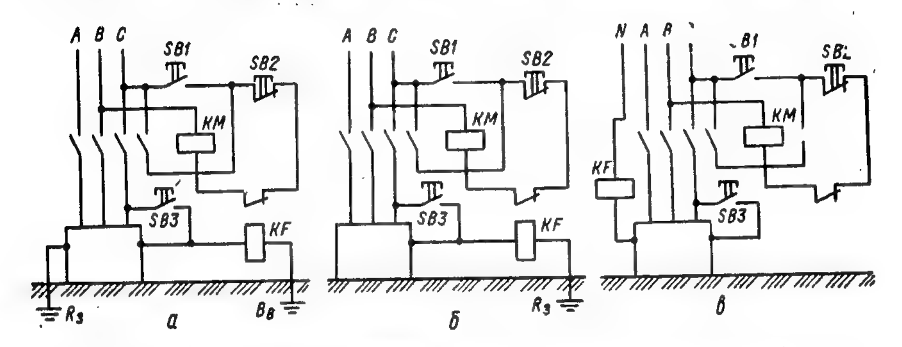


Рис. 52. Схемы защитного отключения:

а — на напряжении корпуса относительно земли; *б* — на токе замыкания на землю; *в* — то же с включением катушки *KF* в рассечку зануляющего провода.

вызывает трудности по условиям выполнения или по экономическим соображениям. В первую очередь устройства защитного отключения могут быть рекомендованы для передвижных электроустановок.

Схемы устройств защитного отключения классифицируют в зависимости от входной величины, на изменение которой реагирует их чувствительные элементы. Существует много классов схем [7]. Наиболее простыми и широко применимыми являются схемы на напряжении корпуса электроустановки относительно земли и на токе замыкания на землю.

Схемы на напряжении корпуса электроустановки относительно земли (на токе замыкания на землю, рис. 52) в качестве чувствительного элемента содержат реле напряжения (токовое реле) *KF*, катушку которого включают между корпусом электроустановки и вспомогательным заземлителем (или нулевым защитным проводом сети). Нормально замкнутый контакт *KF* включается в цепь питания катушки магнитного пускателя *KM*. Схема работает следующим образом: при замыкании на корпус последний оказывается под напряжением относительно земли (нулевого защитного провода), через катушку *KF* протекает ток, реле срабатывает и размыкает свой нормально замкнутый контакт в цепи управления, при этом катушка *KM* обесточивается и отключает электроустановку. Исправность схемы проверяют вручную путем имитации замыкания на корпус нажатием кнопки контроля *SB3*. Недостатками этих схем является отсутствие самоконтроля и неселективность при централизованном заземлении или занулении корпусов (отключаются и неповрежденные электроустановки вследствие появления напряжения на корпусах через общие заземляющие или зануляющие проводники).

12.7. Электрозащитные средства

Электрозащитные средства — это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

По степени защиты электрозащитные средства (ЭЗС) подразделяются на основные и дополнительные. Основные ЭЗС — это защитные средства, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Дополнительные ЭЗС — это защитные средства, дополняющие основные, а также служащие для защиты от напряжения прикосновения и шага, которые сами не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными ЭЗС.

Основными ЭЗС для работы в электроустановках выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения и другие устройства, в электроустановках до 1000 В, кроме того, диэлектрические перчатки и слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

Дополнительными ЭЗС для работы в электроустановках выше 1000 В являются диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки и накладки, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства и плакаты безопасности; а в электроустановках до 1000 В — те же, что и выше 1000 В, кроме диэлектрических перчаток и бот, и дополнительно диэлектрические галоши.

Кроме перечисленных ЭЗС, в электроустановках применяют также очки, каски, противогазы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Изолирующие штанги (табл. 97) по назначению делятся на оперативные (для операций с разъединителями, установки и снятия трубчатых предохранителей, использования с указателями напряжения, наложения переносных заземлений и др.) и измерительные (для контроля изоляторов и контактных зажимов на токоведущих частях). Штанга состоит из рабочей (палец для операций с предохранителями, сменные головки, втулка с резьбой), изолирующей (длина определяется рабочим напряжением штанги) частей и рукоятки. Рукоятку от изолирующей части отделяет упорное кольцо.

Операции с изолирующей штангой разрешается проводить только квалифицированному специально обученному персоналу и в большинстве случаев в присутствии второго работника, контролирующего действия оператора. Применяют штанги в электроустановках с номинальным напряжением не выше рабочего напряжения штанги. Работать со штангой можно только в диэлектрических перчатках и с изолирующего основания. Во время работы не разрешается прикасаться изолирующей частью к токоведущим или заземленным частям электроустановки. При работе оператор должен удерживать штангу за рукоятку (до упорного кольца). Работы со штангами разрешены в помещениях и на открытом воздухе (только в сухую погоду). Находящиеся в эксплуатации изолирующие штанги периодически и перед каждым использованием должны подвергаться осмотру с целью выявления внешних дефектов (царапин, трещин).

Изолирующие клещи (табл. 97) являются основными ЭЗС в электроустановках до 35 кВ включительно. Правила пользования клещами аналогичны правилам для штанг. При операциях с предохранителями под напряжением оператор должен пользоваться защитными очками. В электроустановках до 1000 В применение диэлектрических перчаток необязательно. Находящиеся в эксплуатации изолирующие клещи подлежат ежегодному осмотру.

Электроизмерительные клещи (табл. 97) служат для измерения тока и потребляемой мощности без разрыва цепи. Они являются основными ЭЗС в электроустановках до 10 кВ включительно. С помощью клещей на напряжение до 1000 В можно также измерять напряжение и сопротивление. Принцип работы клещей основан на измерении протекающего по проводнику тока с помощью трансформатора тока. Трансформатор тока имеет разъемный магнитопровод (рабочая часть клещей) и вторичную обмотку, нагруженную амперметром.

97. Характеристика штанг изолирующих и клещей изолирующих и электроизмерительных [6]

Тип штанги	Назначение	Номинальное напряжение, кВ	Длина, мм	Масса, кг
Штанга изолирующая оперативная ШО-10У1 ШО-35У1	Управление разъединителями, крепление указателей напряжения	10 35	1036 1536	0,7 1,0
Штанга оперативная универсальная ШОУ-15 ШОУ-35 ШОУ-110	Управление разъединителями, использование с указателем напряжения, замена трубчатых предохранителей, снятие набросов и др.	15 35 110	1715 2420 2920	1,77 2,51 2,78
Штанга универсально-измерительная ШИ-35/110У1	Контроль изоляторов и соединителей, снятие набросов; пределы измерения напряжения на изоляторах 0—25 кВ, на контактах 0—100 мВ	35—110	2520	2,2
Штанга изолирующая ШР-110У1	Регулирование искрового промежутка, установка и снятие трубчатых разрядников	110	2240	2,0
Штанга для прокола кабеля ШПК-10	Проверка отсутствия напряжения на кабеле при ремонтных работах	До 10	1860	6,0
Клещи изолирующие К-1000	Замена предохранителей ПР-1, ПР-2, НПН на токи до 60 А	1	210	0,1
Клещи изолирующие на 6—10 кВ на 35 кВ	Замена предохранителей ПК и ПКТ на токи до 300 А при 6 кВ, до 200 А при 10 кВ и до 40 А при 35 кВ; установка и снятие изолирующих накладок и ограждений	6—10 35	950 1250	2,5 3,0
Клещи электроизмерительные Д90	Измерение мощности (до 75 кВт при 220 В и до 150 кВт при 380 В) без разрыва цепи в сетях переменного тока промышленной частоты	До 0,38	239	0,6
Ц4501	Измерение тока до 500 А, напряжения до 600 В и сопротивления до 2 кОм в цепях переменного тока промышленной частоты	До 0,6	230	0,6
Ц4502	Измерение тока до 600 А в сетях переменного тока промышленной частоты	До 10	772	2,5

При измерениях проводник охватывают разъемным магнитопроводом. Правила работы с электроизмерительными клещами аналогичны правилам работы с изолирующими клещами. Находящиеся в эксплуатации электроизмерительные клещи должны осматриваться 1 раз в 6 мес.

Указатели напряжения (табл. 98) предназначены для определения наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях. Указатели напряжения выше 1000 В работают на принципе свечения газоразрядной индикаторной лампы при протекании через нее емкостного тока (контактные указатели) или использовании электростатической индукции в переменном электрическом поле (бесконтактные указатели). Указатели напряжения до 1000 В работают на принципе протекания активного тока (двухполюсные, для электроустановок переменного и постоянного тока) и на принципе протекания емкостного тока (однополюсные, для электроустановок переменного тока).

98. Характеристика указателей напряжения [6]

Тип указателя напряжения	Назначение	Номинальное напряжение, кВ	Размеры, мм	Масса, кг
	Указатели напряжения выше 1000 В			
Указатели с газоразрядной лампой	Проверка наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях переменного тока промышленной частоты			
УВН-10		2—10	45×725	0,5
УВНУ		До 10	50×570	0,6
УВН-90		35—110	67×2815	1,2
Бесконтактный указатель			410×116×45	1,0
УВНБ 6-35 кВ		6—35		
	Указатели напряжения до 1000 В двухполюсные			
Указатели напряжения				
УНН-10	Проверка наличия или отсутствия напряжения	0,11—0,5	26×1160	0,07
МИМ-1		0,11—0,5	25×880	0,1
УННУ-1		0,11—0,7	20×1030	0,08
ПИН-90	То же во взрывоопасной среде	До 0,75	25×1115	0,3
УННЛ-1	Проверка наличия или отсутствия напряжения на ВЛ	0,127—0,7	20×160	0,2
УНН		До 0,4	20×2800	0,7
Указатели—измерители напряжения	Проверка наличия и измерение величины напряжения			
УН-1		0,127—0,5	23×960	0,2
ИН-92		До 0,7	14×1300	0,3
	Указатели напряжение до 1000 В однополюсные			
Индикатор напряжения ИН-110-380 В	Проверка наличия или отсутствия напряжения	0,11—0,38	18×129	0,025
Индикатор напряжения — отвертка ИН-91	Проверка наличия или отсутствия напряжения, отвертка для мелких работ	0,127—0,38	18×129	0,125

Резиновые диэлектрические средства защиты — перчатки, боты, галоши, сапоги и ковры. Диэлектрические перчатки служат для защиты человека

при прикосновении к токоведущим частям под напряжением до 1000 В и в качестве дополнительного ЭЗС при работе с основными ЭЗС в электроустановках напряжением выше 1000 В, остальные средства — для изоляции человека от основания и защиты от напряжения шага. Перчатки следует выбирать такого размера, чтобы они свободно надевались на руки, не сдавливали пальцев, но и не спадали со свободноопущенных вниз рук. Их надевают на полную глубину, раструб натягивают на рукава одежды. Боты и галоши надевают на обычную обувь.

Резиновые диэлектрические средства следует периодически осматривать (коврики — не реже 1 раза в год, а остальные — не реже 1 раза в 6 мес), а также перед использованием. При этом проверяют, нет ли повреждений, не истек ли срок очередного электрического испытания, очищают от пыли и грязи. Диэлектрические перчатки, кроме того, проверяют на герметичность: у расправленной перчатки закатывается и зажимается манжет, чтобы воздух внутри перчатки оказался под некоторым избыточным давлением, при наличии проколов или надрывов он будет выходить. Негерметичные перчатки применять нельзя. При периодических осмотрах тщательно проверяется состояние наружных и внутренних поверхностей средства.

Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками предназначен для работы под напряжением в электроустановках до 1000 В. Выпускаются отдельные инструменты и комплекты инструментов. В состав комплекта КСМИ-2 входят гаечный разводной ключ и трещоточный ключ с пятью сменными головками, пассатижи, плоскогубцы, кусачки боковые и торцевые, отвертки двух размеров. Работать с инструментом разрешается без диэлектрических перчаток, однако оператор должен быть изолирован от земли (диэлектрическими галошами, ковриком или подставкой), быть в головном уборе, рукава одежды должны быть опущены и застегнуты у кистей рук. Состояние и исправность инструмента проверяют перед применением.

Плакаты безопасности подразделяются на предупреждающие (об опасности электроустановок под напряжением), запрещающие (включать напряжение на отключенную для работы электроустановку), предписывающие (указывающие место работы) и указательные (о заземлении отключенных токоведущих частей), табл. 99.

Комплектование электрозащитными средствами должно обеспечивать безопасное выполнение всех операций как в нормальном режиме, так и при ликвидации аварий. Нормы комплектования ЭЗС приведены в табл. 100. Все ЭЗС, имеющие изолирующую часть, в процессе эксплуатации подлежат электрическим испытаниям, нормы которых приведены в табл. 101.

12.8. Эксплуатация действующих электроустановок

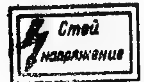
Действующими электроустановками считаются такие установки или их участки, которые находятся под напряжением полностью или частично или на которые в любой момент может быть подано напряжение включением коммутационной аппаратуры или за счет электромагнитной индукции.

Требования к персоналу. Электротехнический персонал — это специально подготовленные лица, осуществляющие обслуживание действующих электроустановок, проведение в них оперативных переключений, организацию и выполнение ремонтных, монтажных или наладочных работ и испытаний.

На каждом предприятии должно быть назначено лицо, ответственное за электрохозяйство. При наличии на предприятии главного энергетика эти обязанности возлагаются на него. Лицо, ответственное за электрохозяйство предприятия, обязано обеспечить безопасную работу электроустановок, своевременное проведение ППР и профилактических испытаний электроустановок, обучение и проверку знаний персонала энергослужбы, наличие и своевременную проверку ЭЗС, а также своевременное расследование несчастных случаев от поражения электрическим током.

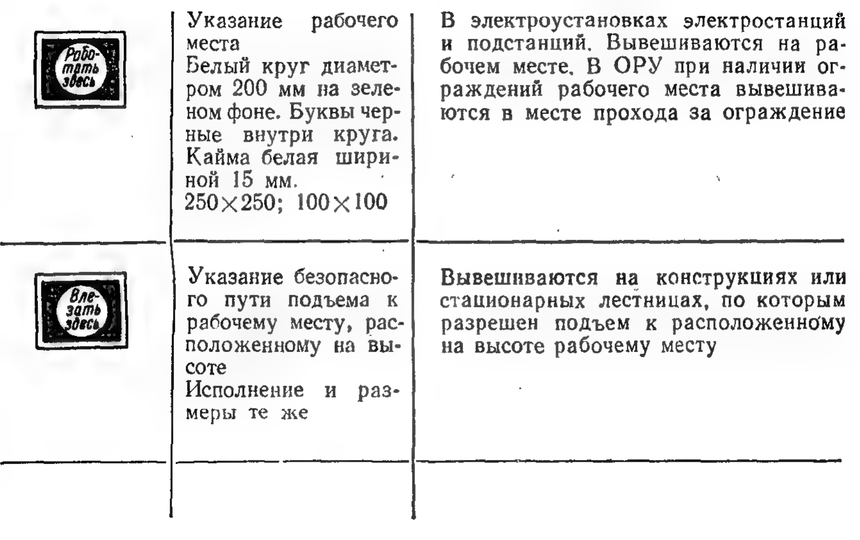
Электротехнический персонал предприятий подразделяется на *административно-технический*, *оперативный*, *ремонтный* и *оперативно-ремонтный*. Выделяют также *электротехнологический* персонал производственных подразделений, осуществляющий эксплуатацию электротехнологических установок и имеющий группу по электробезопасности.

99. Плакаты безопасности [4]

Вид	Назначение, исполнение, размеры, мм	Область применения
	Плакаты предупреждающие	
	Предупреждение об опасности поражения электрическим током Черные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. Стрела красная. 280×210	В ЗРУ вывешиваются на временных ограждениях токоведущих частей под напряжением; на временных ограждениях, устанавливаемых в проходах, куда не следует заходить; на постоянных ограждениях камер, соседних с рабочим местом. В ОРУ вывешиваются на канатах и шнурах, ограждающих рабочее место, при выполняемых с земли работах; на конструкциях, вблизи рабочего места на пути к ближайшим токоведущим частям, находящимся под напряжением
	Предупреждение об опасности поражения электрическим током при проведении испытаний повышенным напряжением. Исполнение и размеры те же	Вывешиваются надписью наружу на оборудовании и ограждениях токоведущих частей при подготовке рабочего места для проведения испытания повышенным напряжением
	Предупреждение об опасности подъема по конструкциям, при котором возможно приближение к токоведущим частям, находящимся под напряжением Исполнение и размеры те же	В РУ вывешиваются на конструкциях, соседних с той, которая предназначена для подъема персонала к рабочему месту, расположенному на высоте
	Плакаты запрещающие	
Не включать работают люди	Запрещение подачи напряжения на рабочее место Красные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. 240×130; 80×50	В электроустановках до и выше 1000 В. Вывешиваются на приводах разъеденителей, отделителей и выключателей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления, на коммутационной аппаратуре до 1000 В (автоматах, рубильниках, выключателях), при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на рабочее место. На присоединениях до 1000 В, не имеющих в схеме коммутационных аппаратов, у снятых предохранителей

Вид	Назначение, исполнение, размеры, мм	Область применения
Не включать работа на линии	Запрещение подачи напряжения на линию, на которой работают люди. Белые буквы на красном фоне. Кайма белая шириной 10 мм. 240×130; 80×50	То же, вывешиваются на приводах, ключах и кнопках управления тех коммутационных аппаратов, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на воздушную или кабельную линию, на которой работают люди
Не открывать работают люди	Запрещение подачи сжатого воздуха, газа. Красные буквы на белом фоне. Кайма красная шириной 10 мм. 240×130	В электроустановках электростанций и подстанций. Вывешиваются на вентилях и задвижках воздухопроводов к воздухосборникам и пневматическим приводам выключателей и разъединителей, при ошибочном открытии которых может быть подан сжатый воздух на работающих людей или приведен в действие выключатель или разъединитель, на котором работают люди; водородных, углекислотных и прочих трубопроводов, при ошибочном открытии которых может возникнуть опасность для работающих людей

Плакаты предписывающие



Вид	Назначение, исполнение, размеры, мм	Область применения
Работать здесь	Указание рабочего места. Белый круг диаметром 200 мм на зеленом фоне. Буквы черные внутри круга. Кайма белая шириной 15 мм. 250×250; 100×100	В электроустановках электростанций и подстанций. Вывешиваются на рабочем месте. В ОРУ при наличии ограждений рабочего места вывешиваются в месте прохода за ограждение
Влезать здесь	Указание безопасного пути подъема к рабочему месту, расположенному на высоте. Исполнение и размеры те же	Вывешиваются на конструкциях или стационарных лестницах, по которым разрешен подъем к расположенному на высоте рабочему месту

Вид	Назначение, исполнение, размеры, мм	Область применения
Плакат указательный		
	Указание о недопустимости подачи напряжения на заземленный участок электроустановки Черные буквы на синем фоне 240×130; 80×50	В электроустановках электростанций и подстанций. Вывешивают на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на заземленный участок электроустановки, и на ключах и кнопках дистанционного управления ими

Примечания: 1. В электроустановках с крупногабаритным оборудованием размеры плакатов разрешается увеличивать в отношении 2:1; 4:1; 6:1 к размерам, указанным в таблице. 2. В таблице приняты сокращения: РУ — распределительное устройство, ЗРУ и ОРУ — закрытое и открытое распределительное устройство.

100. Нормы комплектования электрозащитными средствами* [4]

Средство защиты	РУ напряжением выше 1000 В	РУ напряжением до 1000 В	ТП и РУ напряжением 6—20 кВ	Щиты и пульты управления подстанций, рабочие места дежурных электромонтеров
Изолирующая оперативная или универсальная штанга	2 шт.**	По МУ***	1 шт.	—
Изолирующие клещи выше 1000 В	1 шт.**	—	—	1 шт.**
То же до 1000 В	—	1 шт.	—	1 шт.
Указатель напряжения выше 1000 В	2 шт.**	—	—	1 шт.**
Электроизмерительные клещи	—	—	—	По МУ
Диэлектрические перчатки	2 пары	2 пары	—	2 пары
Диэлектрические боты	1 пара	—	—	—
Диэлектрические галоши	—	2 пары	—	2 пары
Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками	—	—	—	1 комплект
Изолирующая подставка или диэлектрический ковер	—	По МУ	По МУ	По МУ
Переносные заземления	2 шт.**	»	—	»
Изолирующие накладки	—	»	—	»
Временные ограждения (щиты)	2 шт.	»	—	—
Плакаты безопасности	По МУ	»	—	По МУ
Защитные каски	—	—	—	1 шт. на каждого работающего

Средство защиты	РУ напряжением выше 1000 В	РУ напряжением до 1000 В	ТП и РУ напряжением 6—20 кВ	Щиты и пульты управления подстанций, рабочие места дежурных электромонтеров
Защитные очки	2 пары	1 пара	—	2 пары
Респиратор	—	—	—	2 шт.
Шланговый противогаз	2 шт.	—	—	—

* Приведенные нормы комплектования являются минимальными. В зависимости от местных условий могут дополняться или исключаться те или иные ЭЗС.

** Комплектуется указанное количество штук ЭЗС на каждое напряжение.

*** Нормы комплектования ЭЗС устанавливаются по местным условиям.

101. Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний электрозащитных средств [4]

ЭЗС	Напряжение электроустановки, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность, мин	Ток утечки, мА, не более	Срок периодических испытаний, мес
Изолирующие штанги (кроме измерительных)	Ниже 110	$3U_л$, но не менее 40	5	—	24
	110—500	$3U_ф$			
Измерительные штанги	Ниже 110	$3U_л$, но не менее 40	5	—	См. примеч. 2
	110—500	$3U_ф$			
Изолирующие клещи	До 1	2	5	—	24
	2—35	$3U_л$, но не менее 40			
Электроизмерительные клещи	До 0,65	2	5	—	24
	До 10	40			
Указатели напряжения выше 1000 В с газоразрядной лампой;					
изолирующая часть	2—35	$3U_л$, но не менее 40	5		
	35—220	$3U_ф$			
рабочая часть	2—10	20		—	12
	6—20	40	1		
	10—35	70			
напряжение зажигания	2—10	Не выше 0,55			
	6—20	» 1,5	—	—	
	10—35	» 2,5			
	35—220	» 9			

ЭЗС	Напряжение электроустановки, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность, мин	Ток утечки, мА, не более	Срок периодических испытаний, мес
Указатели напряжения выше 1000 В бесконтактного типа:	6—35				
изолирующая часть		105	5	—	24
рабочая часть		См. примеч. 3			
Указатели напряжения до 1000 В:					
напряжение зажигания	До 1	Не выше 0,09	—	—	
изоляция корпусов и соединительного провода	До 0,5	1	1	—	
	До 0,66	2	1	—	12
проверка исправности схемы:					
однополюсные указатели	До 0,66	0,75	1	0,6	
двухполюсные указатели	До 0,5	0,6	1	4	
	До 0,66	0,75	1	4	
Резиновые диэлектрические перчатки	Все напряжения	6	1	6	6
Резиновые диэлектрические боты	Все напряжения	15	1	7,5	36
Резиновые диэлектрические галоши	До 1	3,5	1	2	12
Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками	До 1	2	1	—	12

Примечания: 1. В табл. обозначены $U_л$ и $U_ф$ — соответственно линейное и фазное напряжения электроустановки, кВ. 2. Измерительные штанги следует периодически испытывать не реже 1 раза в 12 мес и дополнительно в сезон измерений 1 раз в 3 мес в том числе перед началом сезона. 3. Для проверки чувствительности указатель напряжения выше 1000 В бесконтактного типа на штанге подносят тыльной стороной к одиночному проводу, находящемуся под напряжением 1,5 кВ. Мигающий сигнал должен появиться при приближении на расстояние не менее 40—60 мм. Чтобы проверить направленность действия, указатель к этому проводу подносят боковой стороной. Расстояние, при котором должен появиться мигающий сигнал, в этом случае должно быть в 3 раза меньше, чем при приближении тыльной стороной. Для проверки влияния наводок указатель подносят тыльной стороной к незаземленному проводнику длиной 1 м, расположенному параллельно проводнику, который находится под напряжением 6 кВ и отстоит от него на расстоянии 1 м. При этом указатель не должен давать сигнала.

К самостоятельным работам в электроустановках не допускаются лица моложе 18 лет. Лица электротехнического персонала не должны иметь увечий и стойкой формы болезней (заболевания нервной и сердечно-сосудистой систем, органов зрения и слуха и др.). Состояние здоровья определяется медицинским освидетельствованием при принятии на работу и проверяется периодически (через 24 мес при работах по обслуживанию действующих электроустановок и через 12 мес при верхолазных работах, т. е. при выполнении работ на высоте 5 м и более от поверхности грунта или настила).

До назначения на самостоятельную работу или при переходе на другую работу (должность), связанную с эксплуатацией электроустановок, а также

при перерыве в работе свыше 1 года персонал обязан пройти производственное обучение на новом рабочем месте. Для этого ему предоставляется достаточный срок, выдается программа и выделяется руководитель (опытный работник из электротехнического персонала). По окончании срока обучения обучаемый должен пройти в квалификационной комиссии проверку знаний, после чего ему присваивается соответствующая группа по электробезопасности. После проверки знаний каждый работник из оперативного и оперативно-ремонтного персонала должен пройти стажировку на рабочем месте продолжительностью не менее 2 недель под руководством опытного работника, после чего он может быть допущен к самостоятельной работе. Для ремонтного персонала стажировка не требуется.

Периодическая проверка знаний проводится в следующие сроки: 1 раз в год — для электротехнического персонала, непосредственно обслуживающего или проводящего работы в электроустановках, а также для персонала, оформляющего распоряжения и организующего эти работы; 1 раз в 3 года — для ИТР электротехнического персонала, не относящегося к предыдущей группе, и инженеров по технике безопасности.

Каждому работнику, успешно прошедшему проверку знаний, выдается удостоверение установленной формы с присвоением II—V группы по электробезопасности. Группа I по электробезопасности присваивается электротехническому персоналу, вновь принятому и не прошедшему проверку знаний, а также неэлектротехническому персоналу после ежегодной проверки знаний безопасных методов работы на обслуживаемой им установке (табл. 102)

102. Минимальный стаж работы в электроустановках, мес, нормируемый для группы по электробезопасности персонала, обслуживающего электроустановки [4]

Группа по электробезопасности	Электротехнологический персонал	Электротехнический персонал: не имеющий среднего образования, не прошедший специального обучения	Электротехнический персонал: не имеющий среднего образования, прошедший специальное обучение	Электротехнический персонал: со средним образованием, прошедший специальное обучение	Электротехнический персонал: со средним специальным и высшим техническим образованием	Практиканты: профтехучилищ	Практиканты: институтов и техникумов
I	Не нормируется						
II	2	2	1	1	Не нормируется		
III	10	4	3	2	1	6	3
IV	6	12	8	3	2	—	—
V	—	42	24	12	3	—	—

Примечания: 1. Для инженера по технике безопасности, контролирующего электроустановки, требуется общий производственный стаж (не обязательно в электроустановках) не менее 3 лет. 2. Указанный стаж предполагает работу в предыдущей группе только при присвоении групп III — V).

К лицам, имеющим определенную группу по электробезопасности, предъявляются следующие требования.

Лица группы I должны иметь элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом электрооборудовании, а также знать правила оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока.

Лица группы II должны иметь элементарное техническое знакомство с электроустановками, отчетливо представлять опасность электрического тока и приближения к токоведущим частям, знать основные меры предосторожности при работах в электроустановках и иметь практические навыки оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока.

Лица группы III должны быть знакомы с устройством и обслуживанием электроустановок, отчетливо представлять опасность при работе в электроустановках, знать общие правила безопасности, правила допуска к работам в электроустановках до 1000 В, специальные правила техники безопасности по тем видам работ, которые входят в их обязанности, знать правила оказания первой помощи и уметь практически оказать первую помощь пострадавшему от электрического тока, а также уметь вести надзор за работающими в электроустановках.

Лица группы IV должны знать основы электротехники в объеме специализированного профтехучилища, иметь представление об опасности при работах в электроустановках, знать Правила [4], устройство установки настолько, чтобы свободно разбираться, какие элементы отключать для ведения работы, находить все эти элементы и проверять выполнение необходимых мероприятий по безопасности, уметь организовать безопасное проведение работ и вести надзор за ними, знать правила оказания первой помощи и уметь практически оказывать ее пострадавшему, знать схему и оборудование своего участка, уметь обучать персонал других групп правилам техники безопасности и оказанию первой помощи пострадавшим от электрического тока.

Лица группы V должны знать схемы и оборудование своего участка, знать Правила [4] и ясно представлять, чем вызвано требование того или иного пункта, уметь организовать безопасное проведение работ и вести надзор за ними в электроустановках любого напряжения, знать правила и уметь практически оказать первую помощь, уметь обучать персонал других групп правилам безопасности и оказанию первой помощи пострадавшим от электрического тока.

По условиям безопасности эксплуатация действующих электроустановок подразделяется на оперативное обслуживание и производство работ в электроустановках.

Оперативное обслуживание электроустановок. Это — дежурства в электроустановках, обходы и осмотры, а также оперативные переключения. Оперативное обслуживание осуществляется дежурным, оперативным или оперативно-ремонтным персоналом. Лица из оперативного персонала и старшие в смене или бригаде должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV в установках напряжением выше 1000 В и III — в установках напряжением до 1000 В.

Работы в электроустановках в отношении мер безопасности подразделяются на работы, выполняемые со снятием напряжения (работы в электроустановке или ее части, в которой с токоведущих частей снято напряжение); без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них (работы, проводимые непосредственно на этих частях с применением ЭЗС, а также работы, выполняемые на расстояниях от токоведущих частей меньше допустимых (табл. 103)); без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением (работы, при которых исключено случайное приближение работающих и используемых ими ремонтной оснастки и инструмента к токоведущим частям на расстояния меньше допустимых (табл. 103) и не требуется принятия технических или организационных мер для предотвращения такого приближения).

103. Допустимое расстояние приближения к токоведущим частям под напряжением [4]

Напряжение электроустановки, кВ	Допустимое расстояние приближения, м	
	людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, временных ограждений	механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положениях, стропов грузозахватных приспособлений и грузов
До 1	На ВЛ — 0,6; в РУ — без прикосновения, не нормируется	1,0
3—35	0,6	1,0
60—110	1,0	1,5

В электроустановках запрещается работать в согнутом положении, если при выпрямлении расстояние от токоведущих частей будет меньше допустимого (табл. 103). При производстве работ около неогражденных токоведущих частей запрещается располагаться так, чтобы эти части находились сзади или с обеих боковых сторон. При обнаружении замыкания на землю запрещается приближаться к месту замыкания на расстояние менее 4 м в закрытых и менее 8 м в открытых РУ, кроме необходимости выполнения операций по ликвидации этого замыкания или оказания первой помощи пострадавшим, но с обязательным применением ЭЗС. Персоналу следует помнить, что после исчезновения напряжения с электроустановки оно может быть подано вновь без предупреждения.

Организационные мероприятия безопасности. Организационными мероприятиями безопасности являются: оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, переводов на другие рабочие места, окончания работы.

Наряд — задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы, и др. По наряду могут выполняться работы со снятием напряжения, а также без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них; на ВЛ, кроме того, должны производиться работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, с подъемом выше 3 м от уровня земли, с разборкой конструктивных частей опоры, с откапыванием стоек опоры на глубину более 0,5 м, с применением механизмов в охранной зоне, а на КЛ — когда требуется установка временных ограждений, а также с применением механизмов и грузоподъемных машин.

Распоряжение — это задание на производство работы, определяющее ее содержание, место, время, меры безопасности и лиц, которым поручено ее выполнение. Распоряжение может быть передано непосредственно или с помощью средств связи с последующей записью в оперативном журнале. По распоряжению могут производиться работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением, продолжительностью не более 1 смены (уборка помещений, уборка и благоустройство территории, ремонт строительной части зданий, погрузочно-разгрузочные работы); работы, вызванные производственной необходимостью, продолжительностью до 1 ч; работы со снятием напряжения в электроустановках до 1000 В продолжительностью не более 1 смены (монтаж, проверка, регулировка, снятие и установка измерительных приборов, счетчиков, устройств релейной защиты и т. д. в помещениях, где нет токоведущих частей напряжением выше 1000 В или эти части находятся за ограждениями, в шкафах релейной защиты и т. д.).

Текущая эксплуатация — это проведение оперативным персоналом самостоятельно на закрепленном за ним участке в течение одной смены работ по оформленному перечню. В порядке текущей эксплуатации могут производиться работы без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением: уборка помещений, благоустройство территории, ремонт осветительной аппаратуры и замена ламп; работы со снятием напряжения в электроустановках до 1000 В: ремонт магнитных пускателей, пусковых кнопок, автоматов, рубильников, отдельных электроприемников, осветительной проводки, смена предохранителей и т. д.

Технические мероприятия безопасности работ со снятием напряжения. Для подготовки рабочего места при работах со снятием напряжения должны быть выполнены в указанном порядке следующие технические мероприятия: проведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры; вывешены запрещающие плакаты на приводах ручного и ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой; проверено отсутствие напряжения на отключенных токоведущих частях; наложено на них заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления); вывешены преду-

преждающие и предписывающие плакаты, ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части (в зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до или после наложения заземлений).

На месте ведения работ со снятием напряжения в электроустановках выше 1000 В должны быть отключены токоведущие части, на которых будет производиться работа, а также неогражденные токоведущие части, к которым могут приблизиться люди и оказаться на расстоянии менее допустимого, используемая ремонтная оснастка и инструменты, механизмы и грузоподъемные машины (табл.103). Если эти последние токоведущие части не могут быть отключены, то они должны быть ограждены временными ограждениями. В электроустановках выше 1000 В с каждой стороны, откуда коммутационным аппаратом может быть подано напряжение на место работы, должен быть видимым разрыв, образованный отсоединением или снятием шин, отключением разъединителей, снятием предохранителей и т. д. Для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов, которыми может быть подано напряжение на место работы, ручные приводы коммутационных аппаратов в отключенном положении или их стационарные ограждения должны быть заперты на механический замок, у приводов коммутационных аппаратов с дистанционным управлением отключены силовые цепи и цепи оперативного тока и т. д.

В электроустановках напряжением до 1000 В с токоведущих частей, на которых будет производиться работа, напряжение со всех сторон должно быть снято отключением коммутационных аппаратов и снятием предохранителей, а при отсутствии предохранителей предотвращение ошибочного включения обеспечивается запиранием рукояток или дверец шкафа, установкой между контактами изолирующих накладок и др.

Отключенные токоведущие части заземляются в целях защиты работающих от поражения электрическим током в случае ошибочной подачи напряжения к месту работы. Накладывать заземление необходимо непосредственно после проверки отсутствия напряжения. Переносные заземления необходимо сначала присоединить к земле, а затем после проверки отсутствия напряжения наложить на токоведущие части. Снимать переносные заземления следует в обратной последовательности: сначала снять их с токоведущих частей, а затем отсоединить от земли. Операции по наложению и снятию переносных заземлений выполняются в диэлектрических перчатках с применением в электроустановках напряжением выше 1000 В изолирующей штанги.

Производство работ по предотвращению аварий и ликвидации их последствий. Восстановительные работы в аварийных случаях, а также кратковременные работы по устранению неисправностей оборудования, которые могут привести к аварии, разрешается проводить без наряда с последующей записью в оперативный журнал оперативному персоналу (в установках выше 1000 В — не менее чем 2 лицам); ремонтному персоналу под наблюдением оперативного или административно-технического персонала. При таких работах должны выполняться все технические мероприятия безопасности.

12.9. Особенности расследования электротравм

Расследование электротравм проводится аналогично расследованию производственных несчастных случаев. До начала расследования обстановка на месте происшествия должна сохраняться такой же, как в момент несчастного случая. Исключения допускаются, когда изменение условий необходимо для оказания помощи пострадавшему, для обеспечения безопасности других лиц или непрерывного электроснабжения объектов I категории. Если для сохранения обстановки несчастного случая электроустановка или ее часть остается под напряжением до расследования, то следует оградить опасный участок, вывесить знаки безопасности, поставить наблюдающих и т. д.

Работу комиссии по расследованию электротравм возглавляет инспектор предприятия «Энергонадзор», контролирующий организацию. В расследовании должен принимать участие административный электротехнический персонал (главный энергетик, ответственный за электрохозяйство и т. д.).

В программу расследования входят: выявление обстоятельств электротравмы; установление причин электротравмы и определение профилактических мероприятий; определение факторов, обусловивших тяжесть электротравмы; оформление результатов расследования.

Расследование обстоятельств электротравмы состоит из следующих этапов: осмотр места происшествия; опрос пострадавшего, очевидцев и других лиц; ознакомление с документами, имеющими отношение к электротравме; проведение технической экспертизы (при необходимости). При осмотре места происшествия устанавливают расположение источника травмы, способ питания электроустановки, техническое состояние оборудования, категорию помещения (территории) по электроопасности, наличие защитных мер и ЭЗС. При расследовании электротравмы необходимо учитывать все обусловившие ее причины независимо от их значимости (см. § 12.2).

В процессе расследования определяют следующие факторы, обусловившие тяжесть электротравмы: значение и частоту тока и длительность его воздействия на организм пострадавшего, пути прохождения тока, условия внешней среды, медико-биологические особенности пострадавшего.

Значение тока, проходившего через тело человека, определяется по формуле (12.1), когда имеется возможность измерить напряжение прикосновения (в электроустановках до 1000 В); по формуле (12.2), если измерить напряжение прикосновения не представляется возможным, или по приближенной формуле (12.3), когда поражение вызвано соприкосновением с токоведущими частями, с токоведущей частью и землей или заземленной конструкцией:

$$I_ч = 10^3 U_{пр}/Z_ч, \tag{12.1}$$

$$I_ч = 10^3 U_{ном}/(Z_ч + Z_ц), \tag{12.2}$$

$$I_ч = 10^3 K U_{ном}/Z_ч. \tag{12.3}$$

В формулах приняты следующие обозначения: $I_ч$ — поражающий ток, мА; $U_{пр}$ — напряжение прикосновения, В; $U_{ном}$ — номинальное напряжение установки, В; K — коэффициент, учитывающий характер прикосновения человека к электроопасным элементам: при двухфазном прикосновении, а также при прикосновении к фазе и нулю (земле, заземленному корпусу) однофазной установки $K = 1$; при однофазном прикосновении $K \approx 0{,}58$; $Z_ч$ — сопротивление тела человека, принимается равным 1000 Ом; $Z_ц$ — суммарное сопротивление внешних элементов цепи тока между точками прикосновения, Ом.

Длительность воздействия тока на организм пострадавшего устанавливается по времени срабатывания автоматической защиты, но данным медицинской экспертизы, а при отсутствии таковых — по показаниям свидетелей.

Результаты расследования оформляются актом по форме Н-1. При тяжелой, смертельной и групповой электротравмах составляются, кроме того, акт специального расследования, заключение технического инспектора труда и другие материалы, а также карта электротравмы. Срок составления и отправления материалов специального расследования и карт —не более 10 дней с момента происшествия.

Список литературы

1. **Долин П. А.** Основы техники безопасности в электроустановках.— М.: Энергоатомиздат, 1984.— 448 с.
2. **Инструкция** по оказанию первой помощи пострадавшим в связи с несчастными случаями при обслуживании энергетического оборудования.— М.: Энергоатомиздат, 1987.— 64 с.
3. **Манойлов В. Е.** Основы электробезопасности.— Л.: Энергоатомиздат, 1985.— 384 с.
4. **Правила** технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей — М.: Энергоатомиздат, 1988.— 427 с.

5. **Правила** устройства электроустановок.— М.: Энергоатомиздат, 1987.— 648 с.
6. **Справочник** электрозащитных средств и предохранительных приспособлений.— М.: Энергоатомиздат, 1984.— 104 с.
7. **Электробезопасность** на промышленных предприятиях: Справочник / Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харламов — К.: Техніка, 1985.— 288 с.

Глава 13

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

13.1. Общие требования к сосудам, работающим под давлением

Сосуд, работающий под давлением,— герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов и жидкостей. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, распространяются на сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа (без учета гидростатического давления); цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает 0,07 МПа; сосуды, цистерны для хранения, перевозки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел без давления, но опорожняемые под давлением газа свыше 0,07 МПа; баллоны, предназначенные для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа.

На корпусе сосуда на видном месте должна быть прикреплена заводом-изготовителем металлическая пластинка с нанесением клеймением следующих паспортных данных: наименование завода-изготовителя; заводской номер сосуда; рабочее давление, МПа; пробное давление, МПа; допустимая температура стенок сосуда, °С.

Для управления работой и обеспечения нормальных условий эксплуатации сосуды должны быть снабжены приборами для измерения давления и температуры среды; предохранительными устройствами; запорной арматурой; указателями уровня жидкости.

Установка сосудов, регистрируемых в органах госгортехнадзора, в жилых, общественных и бытовых зданиях, а также в примыкающих к ним помещениях не разрешается.

Сосуды должны устанавливаться на открытых площадках в местах, исключающих скопление людей, или в отдельных зданиях. Допускается установка сосудов в помещениях, примыкающих к производственным зданиям, при условии отделения их капитальной стеной.

Установка сосудов в производственных зданиях должна регламентироваться отраслевыми правилами безопасности.

На каждый сосуд после его установки должны быть нанесены краской на видном месте или на специальной табличке форматом не менее 200 × × 150 мм регистрационный номер; разрешенное давление; дата (месяц и год) следующего внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

Сосуды, на которые распространяются Правила, должны быть до пуска в работу зарегистрированы в органах Госпроматомнадзора СССР.

Регистрации в органах Госпроматомнадзора СССР не подлежат: сосуды, работающие под давлением неедких, неядовитых и невзрывоопасных сред при температуре стенки не выше 200 °С, для которых произведение вместимости V на давление P, МПа не превышает 1000, а также сосуды, работающие под давлением едких, ядовитых и взрывоопасных сред при указанной выше температуре, для которых произведение PV не превышает 50; котлы для разделения газов при температуре ниже 130 °С, а также аппараты, непосред-

ственно связанные с ними; теплообменники разделительных аппаратов (колонны), конденсаторы, испарители, испарительные сосуды, адсорберы, фильтры; сосуды холодильных установок; резервуары воздушных электрических выключателей; сосуды, входящие в систему регулирования, смазки и уплотнения турбин, генераторов и насосов; баллоны для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов вместимостью до 100 л, а также бочки для перевозки сжиженных газов. Не регистрируются также генераторы (реакторы) для получения водорода, используемые гидрометеорологической службой; сосуды, включенные в закрытую систему добычи нефти и газа (фонтанные и замерные трапы, газосепараторы и т. п.); сосуды, баллоны-сосуды и цистерны, находящиеся под давлением периодически или при их опорожнении; сосуды, установленные в подземных горных выработках.

Сосуд регистрируется на основании письменного заявления администрации предприятия владельца сосуда по представлении паспорта сосуда установленной формы; акта, удостоверяющего, что монтаж и установка сосуда произведены в соответствии с проектом и Правилами и сосуд и все его элементы находятся в исправном состоянии.

Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность осмотра, очистки, промывки и ремонта.

Администрация предприятия (организации) обязана содержать сосуды в соответствии с требованиями, обеспечивая безопасность обслуживания, исправное состояние и надежность их работы.

Лицо, осуществляющее на предприятии надзор за сосудами, а также лицо, ответственное за их исправное состояние и безопасное действие, должно назначаться приказом по предприятию (организации) из числа инженерно-технических работников, прошедших проверку знаний в установленном порядке.

Обслуживание сосудов может быть поручено лицам, достигшим 18-летнего возраста, прошедшим производственное обучение, аттестацию в квалификационной комиссии и инструктаж по безопасному обслуживанию сосудов.

На предприятии должна быть разработана и утверждена главным инженером инструкция по режиму работы сосудов и их безопасному обслуживанию. Инструкции должны быть вывешены на рабочих местах, а также выданы под расписку обслуживающему персоналу.

Периодическая проверка знаний персонала должна осуществляться комиссией, назначаемой приказом по предприятию, но не реже чем через 12 мес. Результаты проверки должны оформляться протоколом.

Требования безопасности при эксплуатации сосудов заключаются в следующем: ремонт сосуда и его элементов во время работы не допускается; обслуживающий персонал обязан строго выполнять инструкции по режиму работы сосудов и безопасному их обслуживанию и своевременно проверять исправность и действие арматуры, контрольно-измерительных приборов и предохранительных устройств.

Сосуд должен быть остановлен в случаях, предусмотренных инструкцией, в частности: при повышении давления в сосуде выше разрешенного, несмотря на соблюдение всех требований, указанных в инструкции; при неисправности предохранительных клапанов; при обнаружении в основных элементах сосуда трещин, выпучин, значительного утонения стенок, пропусков или потения в сварных швах, течи в заклепочных и болтовых соединениях, разрыва прокладок; при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду под давлением; при неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам; при снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневым обогревом; при неисправности или неполном количестве крепежных деталей крышек и люков; при неисправности указателя уровня жидкости; предохранительных блокировочных устройств; при неисправности (отсутствии) предусмотренных проектом контрольно-измерительных приборов и средств автоматики.

Контроль за соблюдением Правил при эксплуатации сосудов, зарегистрированных в органах надзора, осуществляется инспекторами по котлонадзору путем периодических обследований условий эксплуатации сосудов.

Работа сосуда должна быть запрещена, если истек срок очередного освидетельствования или выявлены дефекты, угрожающие надежной и безопас-

ной работе сосуда, о чем должна быть сделана запись в паспорте сосуда с указанием причины запрещения.

Техническое освидетельствование сосудов, зарегистрированных в органах надзора, проводят инспектор по котлонадзору и лицо, ответственное за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов.

Предприятия — владельцы сосудов (подлежащих регистрации в органах надзора) должны производить их внутренний осмотр не реже чем через 2 года, за исключением сосудов, работающих со средой, вызывающей коррозию металла, которые должны подвергаться осмотру не реже чем через 1 год.

Нормы наполнения цистерн и бочек сжиженными газами, приведены в табл. 104.

104. Нормы наполнения цистерн и бочек сжиженными газами

Газ	Масса газа на 1 л вместимости цистерны или бочки, кг, не более	Вместимость цистерны или бочки на 1 кг газа, л, не менее	Газ	Масса газа на 1 л вместимости цистерны или бочки, кг, не более	Вместимость цистерны или бочки на 1 кг газа, л, не менее	Газ	Масса газа на 1 л вместимости цистерны или бочки, кг, не более	Вместимость цистерны или бочки на 1 кг газа, л, не менее
Азот	0,770	1,30	Бутилен	0,526	1,90	Пропилен	0,445	1,25
Аммиак	0,570	1,76	Кислород	1,08	0,926	Фосген	1,250	0,80
Бутан	0,488	2,05	Пропан	0,425	2,35	Хлор	1,250	5,8

Остаточное давление в сосудах, необходимое для того, чтобы исключить попадание внутрь сосудов посторонних веществ и чтобы на заводе-наполнителе (станции) можно было установить, какой газ остался в сосудах от предыдущего наполнения, должно быть не менее значений, приведенных ниже:

Баллоны	
для сжатых газов	Не менее 0,05 МПа
для растворенного ацетилена	Не менее 0,05 МПа Не более 0,1 МПа
Цистерны и бочки за исключением тех, внутри которых при хранении и транспортировке газа отсутствует давление	Не менее 0,05 МПа
Цистерны и бочки для сжиженных газов, упругость паров которых в зимнее время может быть ниже 0,05 МПа	Устанавливается производственной инструкцией завода-наполнителя

Примечания: 1. Указаны остаточные давления, которые должны иметь баллоны, бочки и цистерны при поступлении на заводы-наполнители или наполнительные станции. 2. После достижения в сосудах остаточного давления необходимо закрыть вентили сосудов, отсоединить редукторы, навинтить на вентили заглушки и колпаки.

Нормы гидравлического испытания при периодических освидетельствованиях сосудов, работающих под давлением, приведены ниже:

Кованые, клепаные, сварные с рабочим давлением:	
ниже 0,5 МПа	1,5 $P\sigma_{20}/\sigma_t$, но не менее 0,2 МПа
0,5 МПа и выше . . .	1,25 $P\sigma_{20}/\sigma_t$, но не менее P 0,3 МПа
Литые	1,5 $P\sigma_{20}/\sigma_t$, но не менее 0,3 МПа
Эмалированные	Указанные в паспорте, но не менее P
Баллоны, кроме баллонов для ацетилена	1,5 Р

Примечания: 1. Для сосудов, работающих при температуре стенки 200—400°С, пробное давление не должно превышать рабочее более чем в 1,5 раза, а при температуре стенки свыше 400°С — более чем в 2 раза. 2. Здесь приняты такие обозначения: P — рабочее давление сосуда, МПа; σ_{20} — допускаемое напряжение для материала сосуда или его элементов при температуре стенки 20°С, МПа; σ_t — допускаемое напряжение для материалов сосуда или его элементов при расчетной температуре стенки, МПа; отношение σ_{20}/σ_t принимается по тому материалу элементов сосуда, для которого это отношение является наименьшим. 3. Время испытания пробным давлением в течение 5 мин. 4. Гидравлические испытания допускается производить водой или некоррозионными, неядовитыми, невзрывоопасными, невязкими жидкостями. 5. Сосуд считается выдержавшим испытание, если в нем не окажется признаков разрыва; не имеется течи и потения в сварных швах, а при пневматических испытаниях пропуска газа; отсутствуют видимые деформации после испытаний. 6. Ацетиленовые баллоны, наполненные пористой массой, испытывают азотом под давлением 3,5 МПа с погружением в воду на глубину до 1 м. Чистота азота должна быть не ниже 97 % по объему.

Баллоны осматриваются в целях выявления на их стенках коррозии, трещин, плен, вмятин и других повреждений (табл. 105, п. 1—5). Перед осмотром баллоны должны быть тщательно очищены и промыты или дегазированы.

Масса и вместимость бесшовных баллонов вместимостью до 12 л включительно и свыше 55 л, а также сварных баллонов независимо от вместимости не проверяются (п. 2—5, табл. 105).

105. Объем и сроки периодических освидетельствований сосудов, работающих под давлением

Сосуд	Объем и периодичность освидетельствования
1. Баллоны для ацетилена	Осмотр наружной поверхности. Проверка пористой массы. Пневматическое испытание. 1 раз в 5 лет
2. Баллоны, предназначенные для заполнения газами, вызывающими коррозию (хлор, хлористый метил, фосген, сероводород, сернистый ангидрид, хлористый водород и др.), а также баллоны для сжатых и сжиженных газов, применяемых в качестве топлива для автомобилей и других транспортных средств	Осмотр внутренней и наружной поверхностей. Проверка массы баллона и его вместимости. Гидравлическое испытание. 1 раз в 2 года
3. Баллоны, установленные стационарно, а также установленные постоянно на передвижных средствах, и баллоны-сосуды, в которых хранится сжатый воздух, кислород, аргон, азот и гелий с температурой точки росы — 35 °С и ниже, замеренной при давлении 15 МПа и выше, а также баллоны с обезвоженной углекислотой	То же 1 раз в 10 лет

Сосуд	Объем и периодичность освидетельствования
4. Баллоны и баллоны-сосуды с некоррозийной средой, постоянно не находящиеся под давлением, но периодически опорожняемые под давлением свыше 0,07 МПа	Осмотр внутренней и наружной поверхностей. Проверка массы баллона и его вместимости. Гидравлическое испытание 1 раз в 10 лет
5. Прочие баллоны	То же 1 раз в 5 лет
6. Цистерны железнодорожные пропан-бутановые	Внутренний осмотр. Гидравлическое испытание 1 раз в 6 лет
7. Цистерны и бочки для сжиженных газов, вызывающих коррозию металла (хлор, сероводород и др.)	Внутренний осмотр. Гидравлическое испытание 1 раз в 2 года
8. Цистерны, изолированные на основе вакуума (для криогенных жидкостей)	То же 1 раз в 10 лет
9. Прочие цистерны и бочки	» 1 раз в 4 года
10. Сосуды для транспортирования и хранения сжиженных кислорода, азота и других некоррозионных криогенных жидкостей, защищенные поверхностной изоляцией или изоляцией на основе вакуума	» 1 раз в 10 лет
11. Резервуары, установленные (закрытые) в грунте, для хранения жидкого нефтяного газа с содержанием сероводорода не более 5 г на 100 м^3	То же 1 раз в 10 лет
12. Прочие сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа и подлежащие регистрации в органах Госпроматомнадзора	Внутренний осмотр. 1 раз в 4 года Гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром 1 раз в 8 лет
13. Прочие сосуды, не регистрируемые в органах Госпроматомнадзора и работающие под давлением свыше 0,07 МПа со средой, не вызывающей коррозию металла	Внутренний осмотр. 1 раз в 2 года Гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром 1 раз в 8 лет
14. То же, работающие со средой, вызывающей коррозию металла	Внутренний осмотр. 1 раз в год Гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром 1 раз в 8 лет

Периодическое освидетельствование баллонов должно производиться на заводах-наполнителях или на наполнительных станциях (испытательных пунктах).

Состояние пористой массы в баллонах для ацетилена должно проверяться на заводах-наполнителях не реже чем через 2 года.

13.2. Требования к арматуре, предохранительным устройствам и контрольно-измерительным приборам

Запорная арматура должна устанавливаться на трубопроводах, подводящих или отводящих из сосуда пар, газ или жидкость. В случае последовательного соединения нескольких сосудов установка запорной арматуры не обязательна.

Установка запорной арматуры между сосудом и предохранительным клапаном запрещается.

Запорная арматура, устанавливаемая на сосудах, должна иметь маркировку: наименование завода-изготовителя; условный проход; условное давление; направление потока.

Требования безопасности к промышленной арматуре изложены в ГОСТ 12.2.053—83 ССБТ.

Арматура должна иметь четкую маркировку и отличительную окраску по ГОСТ 4666—75.

На маховичках управления арматурой диаметром 65 мм и более должны быть стрелки, указывающие направление вращения, и буквы «О» и «З» или слова «Откр.», «Закр.».

Арматура с маховичком или рукояткой должна открываться вращением маховичка или рукоятки против часовой стрелки, закрываться — по часовой стрелке.

Арматура, подлежащая обслуживанию, должна устанавливаться на трубопроводах в доступных местах, на высоте не более 1,6 м от уровня пола. В местах установки арматуры массой более 50 кг должны быть предусмотрены подъемные устройства.

Пробное давление при опрессовке системы не должно превышать пробное давление, установленное для арматуры.

Запрещается: эксплуатировать арматуру при отсутствии эксплуатационной документации; производить работы по демонтажу и ремонту при наличии давления среды в полости арматуры или приводе; снимать арматуру с трубопровода при наличии в ней рабочей среды и разбирать арматуру, не обезвредив все поверхности, соприкасающиеся с агрессивной средой; применять арматуру вместо заглушек при испытаниях на монтаже.

Требования безопасности к предохранительным клапанам, устанавливаемым на сосудах, работающих под давлением свыше 0,07 МПа, изложены в ГОСТ 12.2.085—82.

Пропускную способность предохранительных клапанов и их число следует выбирать так, чтобы в сосуде не создавалось давление, превышающее избыточное рабочее давление более чем на 0,05 МПа при избыточном рабочем давлении в сосуде до 0,3 МПа включительно, на 15 % — при избыточном рабочем давлении в сосуде до 6,0 МПа включительно и на 10 % — при избыточном рабочем давлении в сосуде свыше 6,0.

Давление настройки предохранительных клапанов должно быть равно рабочему давлению в сосуде или превышать его, но не более чем на 25 %.

Конструкцию и материал элементов предохранительных клапанов и их вспомогательных устройств следует выбирать в зависимости от свойств и рабочих параметров среды.

На стационарно установленных сосудах, в которых по условиям эксплуатации возникает необходимость отключения предохранительного клапана, необходимо устанавливать трехходовой переключающий вентиль или другие переключающие устройства между предохранительным клапаном и сосудом.

Рабочую среду, выходящую из предохранительного клапана, следует отводить в безопасное место.

При определении пропускной способности предохранительных клапанов следует учитывать давление за клапаном.

На участке между предохранительным клапаном и звукоглушителем должен быть установлен штуцер для установки прибора для измерения давления.

Предохранительные клапаны должны устанавливаться на патрубках или присоединительных трубопроводах. При установке на одном патрубке (трубопроводе) нескольких предохранительных клапанов площадь попереч-

ного сечения патрубка (трубопровода) должна быть не менее 1,25 суммарной площади сечения клапанов.

Внутренний диаметр подводящего трубопровода необходимо рассчитывать исходя из максимальной пропускной способности предохранительного клапана. Падение давление в подводящем трубопроводе не должно превышать 3 % $P_н$ предохранительного клапана.

Конструкция клапана должна обеспечивать его закрывание при давлении не менее 95 % $P_н$.

Каждый сосуд должен быть снабжен манометром, который может быть установлен на штуцере корпуса сосуда, на трубопроводе до запорной арматуры или на пульте управления. Класс точности манометра должен быть не ниже 2,5.

Для сосудов, работающих под давлением водорода с температурой выше 200 °C, разрешается применение водородных манометров класса точности 4.

Манометр должен быть выбран с такой шкалой, чтобы предел измерения давления находился во второй трети шкалы, иметь красную черту по делению, соответствующему разрешенному рабочему давлению в сосуде.

Номинальный диаметр манометров, устанавливаемых на высоте от 2 до 5 м должен быть не менее 150 мм.

Запрещается применять манометр в случае отсутствия пломб или клейма; если просрочен срок проверки; стрелка манометра при его отключении не возвращается на нулевую отметку шкалы; разбито стекло или имеются другие повреждения, которые могут отразиться на его показаниях.

Манометры проверяются не реже одного раза в 12 мес. Предприятие должно проводить дополнительную проверку рабочих манометров не реже одного раза в 6 мес по контрольным манометрам с записью результатов в журнал контрольных проверок.

13.3 Безопасность при эксплуатации котельных установок

Требования по безопасной эксплуатации котлов определены Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, утвержденными Госпроматомнадзором СССР (1975).

Правила распространяются на паровые котлы, пароперегреватели и экономайзеры с рабочим давлением 0,07 МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 115 °C.

Требования безопасности на паровые котлы определены ГОСТ 12.2.096—83.ССБТ.

Администрация предприятий обязана содержать котлы, пароперегреватели и экономайзеры в исправном состоянии, а также обеспечивать безопасные условия их работы путем организации обслуживания, ремонта и надзора.

Котлы, паронагреватели и экономайзеры относятся к объектам повышенной опасности, поэтому Правилами запрещается их оставлять без постоянного наблюдения со стороны обслуживающего персонала до прекращения горения, удаления топлива из топки и полного снижения давления в нем до атмосферного, за исключением котлов, не имеющих кирпичной кладки. В помещении котельной должны быть часы, телефон или звуковая сигнализация для вызова в экстренных случаях администрации предприятия и для связи с местами потребления пара, а у котла-утилизатора — для связи с местом установки источника тепла.

Результаты проверки котлов и котельного оборудования, водоуказательных приборов, сигнализаторов предохранительных клапанов, питательных приборов, средств автоматики, времени и продолжительности продувки котлов регистрируются в сменном журнале по установленной администрацией форме.

Водоуказательные приборы проверяются продувкой в котлах с рабочим давлением до 2,4 МПа включительно не реже одного раза в смену, в котлах с рабочим давлением 2,4 МПа, 3,9 МПа включительно не реже одного раза в сутки, а в котлах с рабочим давлением выше 3,9 МПа — в сроки, установленные производственной инструкцией.

Предохранительные клапаны должны проверяться продувкой при каждом пуске котла, пароперегревателя и экономайзера в работу в период их

работы в следующие сроки: для котлов пароперегревателей и экономайзеров с давлением до 2,4 МПа включительно каждый клапан не реже одного раза в сутки; с давлением 2,4 МПа — 3,9 МПа включительно — поочередно по одному клапану каждого котла, перегревателя, экономайзера не реже одного раза в сутки; с давлением выше 3,9 МПа — в сроки, установленные Министерством энергетики и электрификации СССР. Проверка исправного действия предохранительных клапанов, пароперегревателей и экономайзеров с давлением более 2,4 МПа должна проводиться в присутствии ответственного по смене.

Освидетельствование котлов, допущенных в работу комиссией, проводится инспектором котлонадзора не позднее чем через 12 мес.

Техническое освидетельствование включает внутренний осмотр и гидравлическое испытание. Нормы гидравлических испытаний приведены ниже.

Вид оборудования (рабочее давление, МПа)	*Пробное давление*
Паровой котел (не более 0,5 МПа)	1,5 *P*, но не менее 0,2 МПа
(более 0,5 МПа)	1,25 *P*, но не менее *P* + + 0,3 МПа
Пароперегреватель (независимо от рабочего давления)	Пробное давление для котла 1,25 *P* + 0,3 МПа
Отключаемый экономайзер (независимо от давления)	1,25 *P*, но не менее *P* + + 0,3 МПа
Водогрейный котел (независимо от давления)	1,25 *P*, но не менее *P* + + 0,3 МПа

Периодическое техническое освидетельствование зарегистрированных в местных органах надзора котлов, пароперегревателей и экономайзеров, находящихся в эксплуатации, проводится инспектором котлонадзора в следующие сроки: внутренний осмотр — не реже одного раза в 4 года; гидравлическое испытание — не реже одного раза в 8 лет.

Котлы паровые, работающие на жидком и газообразном топливах, должны быть снабжены устройствами, обеспечивающими: наблюдение за давлением пара и уровнем воды; автоматическое поддержание давления пара в заданных пределах; автоматическое регулирование питания водой; автоматическое регулирование соотношения подачи топлива и воздуха в топочные устройства при переключении с «малого» на «большой» огонь. Обязательно наличие устройств, которые создают защиту котла при аварийном повышении давления пара; при аварийном пуске воды;при аварийном погашении факела, а также защиту от аварийного понижения или повышения давления газового топлива от аварийного понижения давления воздуха для котлов, оборудованных газовыми горелками с принудительной подачей воздуха. Должна быть установлена световая и звуковая сигнализация,действующая при аварийных ситуациях.

Котлы, работающие на твердом топливе, должны быть снабжены устройствами, обеспечивающими наблюдение за давлением пара и уровнем воды; автоматическое регулирование питания водой; защиту котла при превышении давления пара, при аварийном спуске воды; световую и звуковую сигнализацию при аварийных ситуациях. Шумовые характеристики котлов не должны превышать уровень звукового давления согласно ГОСТ 12.1.003—83, СН 3223—85.

13.4 Безопасность при эксплуатации компрессорных установок

Требования безопасной эксплуатации компрессорных установок определены Правилами устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздуховодов и газопроводов, утвержденными Госгортехнадзором СССР (1971), ГОСТ 12.2.016—81. ССБТ и ГОСТ 12.2.003—74.

Устройство компрессорного оборудования (размещение агрегатов, узлов, систем управления и др.) должно обеспечивать удобство и безопасность монтажа, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. Общие эргономические требования должны соответствовать ГОСТ 12.2.049—80.

При обслуживании составных частей компрессорных установок, расположенных на высоте более 1,8 м от уровня пола или рабочей площадки, их следует снабжать стационарными, съемными или откидными площадками или лестницами. Исполнение и размеры площадок и лестниц должны соответствовать по ГОСТ 12.2.012—75.

Все движущиеся, вращающиеся и токоведущие части компрессорного оборудования, электродвигателей и вспомогательных механизмов должны быть ограждены.

Компрессорное оборудование должно обладать герметичностью, не допускающей образования в воздухе рабочей зоны концентрации вредных веществ, превышающих ПДК по ГОСТ 12.1.005—88.

Общие требования к шумовым характеристикам компрессорного оборудования, допустимые уровни шума на местах и в зоне обслуживания компрессоров приведены в ГОСТ 12.1.003—83, СН 3223—85 вибрационные характеристики на рабочих местах и в зоне обслуживания компрессоров — в ГОСТ 12.1.012—83.

Доступные для прикосновения наружные поверхности компрессорных установок, подверженные нагреву, должны быть теплоизолированы или ограждены, температура их не должна превышать 45 °С, кроме компрессорного оборудования, работающего при температуре окружающей среды свыше 40 °С. Цилиндры компрессоров объемного сжатия и корпуса компрессоров динамического сжатия теплоизоляции не подлежат.

Горизонтально расположенные участки газопроводов, присоединяющихся к стационарному компрессорному оборудованию, должны иметь уклон не менее 1 : 300 в сторону от компрессора.

Газопроводы и газовые полости аппаратов, в которых возможно скопление жидкостей (конденсата), должны иметь устройства для их удаления.

Отключающиеся сосуды (буферные емкости, влагоотделители), входящие в состав компрессорной установки, должны соответствовать «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Компрессорные установки должны снабжаться приборами, обеспечивающими контроль параметров сжатия газа, режимов работы компрессорного оборудования и его систем. Объем контролируемых параметров, пределы измерения, места установки контрольно-измерительных приборов должны соответствовать требованиям норм и правил, утвержденных органами государственного надзора СССР, а также стандартами и техническими условиями на конкретные виды компрессорного оборудования.

Все установленные контрольно-измерительные приборы должны проходить государственные испытания.

Диаметр корпусов приборов, устанавливаемых на высоте от 2 до 5 м от уровня площадки обслуживания, должен быть не менее 150 мм. Установка приборов на высоте более 5 м не допускается .

Манометры с пределами измерения более 10 МПа должны быть снабжены приспособлениями, защищающими персонал от поражения при возможном разрушении прибора.

Компрессорное оборудование должно иметь звуковую и световую сигнализацию. Сигнализация должна включаться при выходе параметров сжатия газа, режимов работы систем охлаждения и смазки за пределы, установленные стандартами и техническими условиями на конкретные виды компрессоров.

Поверхности ограждений, защитных устройств, а также элементы компрессорного оборудования, могущие служить источником опасности для работающих, должны иметь знаки безопасности и сигнальные цвета по ГОСТ 12.4.026—76.

Предохранительные, сигнализирующие и блокировочные устройства должны срабатывать автоматически и обеспечивать последовательность выполнения технологических операций по сжатию газа и заданные параметры процесса сжатия газа, а также безопасный режим работы компрессорного оборудования и его систем.

Система регулирования центробежных компрессоров должна обеспечивать устойчивую работу машин без возникновения помпажа.

Центробежные компрессоры должны иметь устройства контроля осевого сдвига ротора и уровня вибрации, сблокированные с приводом компрессора.

Оснащение компрессорного оборудования предохранительными клапанами и пластинами (мембранами) регламентировано Правилами. Места их установки, размеры, пропускная способность, исполнение оговариваются в стандартах и технических условиях на конкретные виды компрессорного оборудования.

На нагнетательном газопроводе последней ступени сжатия, а также на газопроводах отбора газа промежуточного давления должен быть установлен обратный клапан.

Компрессорное оборудование, снабженное валоповоротным механизмом, должно иметь блокировку, делающую невозможным включение привода компрессора при включенном валоповоротном механизме и наоборот.

Органы управления, обеспечивающие аварийную остановку компрессорного оборудования, должны быть размещены на пультах управления для передвижных компрессоров и на пультах управления и сдублированы у выходов из машинных залов или в других удобных и безопасных местах для стационарных.

13.5. Безопасность при эксплуатации трубопроводов

Меры безопасности при эксплуатации промышленных трубопроводов регламентированы Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды (ПУГ), утвержденными Госгорнадзором СССР (1975), ГОСТ 14202—69.

Согласно ГОСТ 14202—69 установлены следующие десять групп веществ, транспортируемых по трубопроводам: вода, пар, воздух, горючие газы (включая сжиженные), негорючие газы (включая сжиженные), кислоты, щелочи, горючие жидкости, негорючие жидкости, прочие вещества.

Опознавательная окраска и цифровое обозначение укрупненных групп трубопроводов должны соответствовать указанным ниже.

1	Вода	Зеленый
2	Пар	Красный
3	Воздух	Синий
4,5	Горючие и негорючие газы	Желтый
6	Кислоты	Оранжевый
7	Щелочи	Фиолетовый
8,9	Горючие и негорючие жидкости	Коричневый
0	Прочие вещества	Серый

Противопожарные трубопроводы, независимо от их содержимого (вода, пена, пар для тушения пожара и др.), сплинкерные и дренчерные системы на участках запорно-регулирующей арматуры и в местах присоединения шлангов и других устройств для тушения пожара должны окрашиваться в красный цвет (сигнальный).

Опознавательную окраску трубопроводов следует выполнять сплошной по всей поверхности коммуникаций или отдельными участками.

Опознавательная окраска должна наноситься участками с учетом местных условий в наиболее ответственных пунктах коммуникаций (на ответвлениях, у мест соединений, фланцев, в местах прохода трубопроводов через стены. перегородки, перекрытия, у мест отбора КИП, на вводах и выводах из производственных зданий) не реже чем через 10 м внутри производственных помещений и на наружных установках и через 30—60 м на наружных магистральных трассах.

Ширина участков опознавательной окраски принимается в зависимости от наружного диаметра трубопроводов (с учетом изоляции): для труб диаметром до 300 мм — не менее четырех диаметров; для труб диаметром свыше 300 мм — не менее двух диаметров.

При больших диаметрах трубопроводов участки опознавательной окраски следует наносить в виде полос высотой не менее 1/4 окружности трубопровода.

Для обозначения опасных по свойствам веществ, транспортируемых по трубопроводам, следует наносить предупреждающие цветные кольца:

Красный	Легковоспламеняемость, огнеопасность, взрывоопасность
Желтый	Опасность или вредность (ядовитость, токсичность, способность вызывать удушье, термические или химические ожоги, радиоактивность, высокое давление или глубокий вакуум и др.)
Зеленый	Безопасность или нейтральность

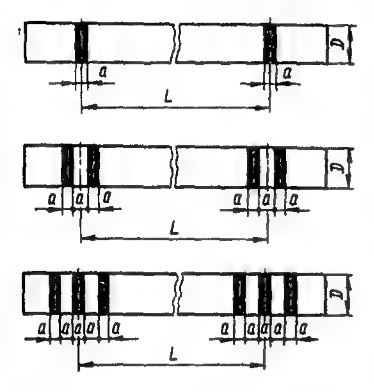


Рис. 53. Порядок нанесения предупреждающих колец в зависимости от группы опасности веществ.

Если вещество обладает одновременно несколькими опасными свойствами, обозначенными различными цветами, на трубопроводы следует наносить одновременно кольца нескольких цветов.

На вакуумных трубопроводах, кроме отличительной окраски, следует давать надпись «Вакуум».

По степени опасности для жизни и здоровья людей или эксплуатации предприятия вещества, транспортируемые по трубопроводам, делятся на три группы, обозначаемые соответствующим количеством предупреждающих колец (табл. 106).

Ширина предупреждающих колец и расстояние между ними должны приниматься в соответствии с рис. 53 и табл. 107.

Для обозначения трубопроводов с особо опасным для здоровья и жизни людей или эксплуатации предприятия содержимым, а также при необходимости конкретизировать вид опасности дополнительно к цветным предупреждающим кольцам должны применяться предупреждающие знаки согласно ГОСТ 12.4.026—76.

В тех случаях, когда от воздействия агрессивных протекающих веществ может произойти изменение оттенка отличительных цветов, трубопроводы

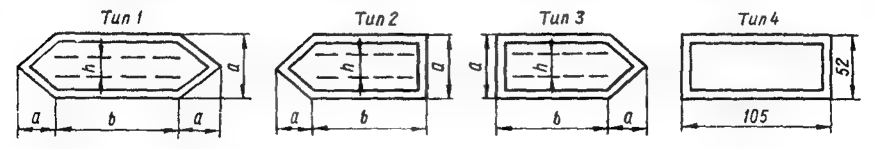


Рис. 54. Типы маркировочных щитков.

должны быть обозначены при помощи маркировочных щитков (рис. 54, табл. 108), на которых указан вид вещества и его параметры, необходимые по условиям эксплуатации.

Маркировочные щитки выполняются четырех типов: для указания потока, движущегося в обоих направлениях (рис. 54, тип. 1); то же, в левом направлении (тип 2); то же, в правом направлении (тип 3); для указания места отбора транспортируемого вещества (тип 4).

106. Группы опасности веществ и количество предупреждающих колец

Группа (количество) предупреждающих (колец)	Транспортируемое вещество	Давление, МПа	Температура, °С
1 (одно)	Перегретый пар	До 2,2	250—350
	Горячая вода, насыщенный пар	От 1,6	Св. 120
	Перегретый и насыщенный пар, горячая вода	От 0,1 до 1,6	120—250
	Горючие (в том числе сжиженные и горючие) жидкости	До 2,5	От —70 до 250
	Негорючие жидкости и пары, инертные газы	До 6,4	От —70 до 350
2 (два)	Перегретый пар	До 3,9	350—450
	Горячая вода, насыщенный пар	От 8,0 до 18,4	Св. 120
	Продукты с токсическими свойствами (кроме сильно действующих ядовитых веществ и дымящихся кислот)	До 1,6	От —70 до 350
	Горючие (в том числе сжиженные) активные газы легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	От 2,5 до 6,4	250—350 и от —70 до 0
	Негорючие жидкости, и пары, инертные газы	От 6,4 до 10,0	340—450 и от —70 до 0
3 (три)	Перегретый пар	Независимо от давления	450—660
	Горячая вода, насыщенный пар	Св. 18,4	Св. 120
	Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) и дымящиеся кислоты	Независимо от давления	От —70 до 700
	Прочие продукты с токсическими свойствами	Св. 1,6	От —70 до 700
	Горючие (в том числе сжиженные) и активные газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	Независимо от давления	350—700
	Негорючие жидкости и пары, инертные газы	То же	450—700

107. Размеры предупреждающих колец, мм

Наружный диаметр с (изоляцией) D	Расстояние между кольцами L	Размер предупреждающих колец a
До 80	2000	40
81—160	3000	50
161—300	4000	70
Свыше 300	6000	100

108. Размеры маркировочных щитков, мм

Варианты размеров	a	b	Высота букв h: Одна строка	Высота букв h: Две строки	Расстояние от наблюдателя, м
1	26	74	19	—	До 6
2	52	148	32	19	6—12
3	74	210	50	25	12—18
4	105	297	63	32	18—24
5	148	420	90	50	Св. 24

Варианты размеров маркировочных щитков, надписей и предупреждающих знаков следующие (табл. 108): 1 — в лабораториях; 2 и 3 — в производственных помещениях; 4 и 5 — на наружных установках и на наружных магистральных трубопроводах.

Цвет надписей при нанесении их на фоне опознавательной окраски принимают белым — на зеленом, красном и коричневом фоне; черным — на синем, желтом, оранжевом, фиолетовом и сером фоне.

Наименьшую освещенность на ответственных пунктах коммуникаций при расположении на них маркировочных щитков следует рекомендовать 150 лк при люминесцентных лампах и 50 лк при лампах накаливания.

Меры безопасности при эксплуатации трубопроводов горячей воды определены Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды, согласованными с ВЦСПС, Госстроем СССР и утверждены Госпроматомнадзором СССР (1975). Требования безопасности распространяются на трубопроводы, транспортирующие водяной пар с рабочим давлением более 0,07 МПа или горячую воду с температурой выше 115 °С.

Трубопроводы пара и горячей воды окрашивают по всей длине и, кроме этого, наносят цветные кольца согласно ГОСТ 14202—69.

Безопасную эксплуатацию обеспечивает инженерно-технический персонал и специально выделенные рабочие. Знание Правил инженерно-техническими работниками проверяется перед назначением и периодически, не реже одного раза в три года. Знания обслуживающего персонала проверяются квалификационной комиссией предприятия.

Трубопроводы, составляющие неотъемлемую часть аппаратов, принимаются в эксплуатацию в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Для уплотнения фланцевых соединений участков воздуховодов, проложенных в подземных выработках шахт, следует применять прокладки из специальной тепло- и маслостойкой резины с температурой воспламенения не ниже 350 °С. Резиновые прокладки должны быть изготовлены централизованно и иметь отличительное клеймо. Применение резиновых прокладок без клейма запрещается.

Устройство наружных трубопроводов должно исключать возможность их внутреннего обмерзания, а трубопроводы, проложенные вблизи теплоизлучающих аппаратов, должны быть теплоизолированы.

Трубопроводы должны прокладываться от электрокабелей, электропроводов и электрооборудования на расстоянии не менее 0,5 м.

На отдельных участках трубопроводов, где возможно скопление воды и масла, должны устанавливаться линейные водоотделители с автоматической или ручной продувкой.

Все устройства для скопляющегося в воздухопроводе масла и воды должны быть в полной исправности и регулярно проверяться обслуживающим персоналом. В случае замерзания этих устройств их разрешается обогревать горячей водой, паром или горячим воздухом. Применять источник открытого огня запрещается.

На воздуховодах не допускается наличие глухих отводов и заглушенных штуцеров, способствующих скоплению и самовоспламенению масляных отложений.

Трубопроводы с температурой поверхности выше + 45 °С, располагаемые в рабочих местах и в местах основных проходов, должны иметь тепловую изоляцию.

Техническое освидетельствование трубопроводов должно проводиться администрацией предприятия в следующие сроки: наружный осмотр открытых трубопроводов, находящихся под рабочим давлением, не реже одного раза в год; гидравлическое испытание трубопроводов на прочность и плотность одновременно давлением 1,25 рабочего, но не менее 0,2 МПа перед пуском в эксплуатацию после ремонта, связанного со сваркой стыков, а также при пуске в работу воздуховодов после нахождения их в состоянии консервации более одного года.

Порядок проведения гидравлического и пневматического испытания должен соответствовать СНиП «Технологические трубопроводы. Правила производства и приемки работ».

Пробное давление при гидравлическом испытании трубопроводов должно выдерживаться в течение 5 мин, после чего оно должно быть снижено до рабочего. При рабочем давлении производится осмотр трубопровода и обстукивание сварочных швов молотком массой не более 1,5 кг.

Результаты испытания считаются удовлетворительными, если во время испытания не произошло падение давления по манометру, а в сварных швах, трубах, корпусах, арматуре не обнаружено признаков разрыва, течи и запотевания.

Трубопроводы, проложенные в непроходных каналах, испытываются по падению давления. Трубопроводы на давление свыше 10 МПа испытываются в соответствии с ПУГ-75.

При минусовых температурах наружного воздуха гидравлические испытания проводятся на горячей воде с немедленным сливом ее после испытаний.

Результаты чистки трубопроводов, текущего осмотра и ремонта, а также результаты гидравлических и пневматических испытаний заносятся в журнал и составляется акт на ремонт, ревизию и испытание трубопроводов.

Требования безопасности к ацетиленовым трубопроводам изложены в ГОСТ 12.2.060—81.ССБТ. Трубопроводы ацетиленовые.Требования безопасности. По рабочему давлению ацетиленопроводы подразделяют на ацетиленопроводы низкого, среднего и высокого давлений. Внутристационарные ацетиленопроводы низкого и среднего давлений следует рассчитывать на давление, равное рабочему давлению основного оборудования. Ацетиленопроводы низкого и среднего давлений, расположенные вне станции, следует рассчитывать на десятикратное рабочее давление плюс 1,0 МПа. Ацетиленопроводы высокого давления следует рассчитывать на десятикратное рабочее давление, но не менее 2,5 МПа.

Ацетиленопроводы следует изготавливать из бесшовных стальных труб по ГОСТ 8732—78 и ГОСТ 8734—75, а низкого давления — из сварных труб по ГОСТ 10704—76. Внутренний диаметр ацетиленопроводов среднего давления не должен превышать значений, указанных ниже.

Внутренний диаметр ацетиленопровода, мм	*Допустимое рабочее давление, МПа*	*Внутренний диаметр ацетиленопровода, мм*	*Допустимое рабочее давление, МПа*
50	0,15	80	0,08
60	0,11	90	0,07
70	0,09	100	0,02—0,06

Внутренний диаметр труб ацетиленопроводов низкого давления не ограничивается, а высокого не должен превышать 25 мм. Ацетиленопроводы должны быть заземлены для отвода электростатического заряда. Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 100 Ом.

В цехах потребления ацетилена ацетиленопроводы следует прокладывать открыто на несгораемых кронштейнах или подвесках по стенам и колоннам зданий, высота прокладки над полом должна быть не менее 2,2 м.

Расстояние между ацетиленопроводами и трубами, по которым транспортируются другие газы и жидкости, должно быть не менее 100 мм при их пересечении и не менее 250 мм при их параллельном расположении.

Ацетиленопроводы следует прокладывать так, чтобы была исключена возможность нагрева их стенок свыше 50 °С и замерзания в них конденсата.

Наземные ацетиленопроводы должны быть удалены от электрокоммуникаций, линий связи и других источников возможного искрообразования и открытого пламени на расстояния, указанные ниже.

От изолированных проводов и электрокабелей	0,50 м
От линий связи	0,25 м
От оголенных проводов и других источников возможного искрообразования (шинопроводы, троллейные провода, пусковая аппаратура)	1,00 м
От источников открытого пламени (сварочная дуга, газовая горелка и т. п.)	1,50 м

Примечание. Допускается сокращение указанных расстояний до электрокоммуникаций вдвое, при условии заключения ацетиленопровода в защитную металлическую трубу с кольцевым зазором между трубами не менее 20 мм, а при пересечении указанные расстояния могут быть сокращены до 0,25 м.

Глубина заложения ацетиленопроводов должна быть не менее 0,8 м.

При пересечении подземными ацетиленопроводами электрических кабелей расстояние между ними по вертикали должно быть не менее 0,6 м, а между ацетиленопроводами и другими подземными коммуникациями — не менее 150 мм.

Расстояние по горизонтали между подземными ацетиленопроводами и различными сооружениями должно быть не менее указанного ниже.

От стен зданий, имеющих подвалы, тоннели, каналы и колодцы различного назначения	3,0/5,0*
От стен зданий, не имеющих подвалов	1,5/2,5
От электрокабелей	1,0
От внутризаводских железнодорожных путей (ближайшего рельса)	3,5
От трубопроводов водоснабжения, канализации и водостоков (расстояние в свету)	1,0
От надземных подкрановых путей	1,5
От лесонасаждений	2,0

* В числителе данные для ацетиленопровода низкого и среднего давления, в знаменателе — высокого давления.

При прокладке ацетиленопроводов в защитных трубах допускается расстояние от сооружений уменьшать в 2 раза.

Ацетиленопроводы следует подвергать испытаниям на прочность и плотность.

Испытание на прочность проводится гидравлическим давлением, время выдержки под давлением не менее 10 мин. Ацетиленопроводы высокого давления испытывают давлением, равным 1,25 расчетного.

Испытания на плотность проводят азотом или инертным газом при рабочем давлении, вновь вводимые ацетиленопроводы допускается испытывать сжатым воздухом. Испытание межцеховых ацетиленопроводов проводят давлением не менее 0,3 МПа.

13.6. Безопасность при эксплуатации баллонов

Баллон должен быть рассчитан так, чтобы напряжения в стенках при гидравлическом испытании не превышали 90 % предела текучести для данной марки стали.

Требования к стальным баллонам малого и среднего объемов на рабочее давление $P_р \leqslant 19{,}6$ МПа регламентируются ГОСТ 949—73, а к стальным баллонам большого объема для газов на $P_р \leqslant 25$ МПа — ГОСТ 9731—79.

Баллоны малого и среднего объемов выпускаются вместимостью, л: 0,4; 0,7; 1,0; 1,3; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 20; 25; 32; 40; 50.

Рабочее давление $P_р$ в баллонах малого и среднего объемов, МПа: из углеродистой стали — 9,8; 14,7; 19,6; из легированной стали — 14,7; 19,6. Баллоны стальные бесшовные большого объема выпускаются вместимостью, л: 80; 100; 130; 160; 200; 250; 320; 400; 500. Рабочее давление в них, МПа: 9,8; 14,7; 19,6; 24,5.

На верхней сферической части каждого баллона должны быть отчетливо нанесены клеймением следующие данные: товарный знак завода-изготовителя; номер баллона по системе нумерации предприятия-изготовителя; дата (месяц, год) изготовления (испытания) и год следующего испытания; вид термообработки (*N* — нормализация, *V* — закалка с отпуском); рабочее давление (*P*) и пробное гидравлическое (*П*), МПа; объем баллона, л; масса баллона, кг; клеймо ОТК.

Согласно ГОСТ 9731—79 показатели механических свойств материала баллонов должны быть не менее указанных ниже.

Временное сопротивление $\sigma_в$, МПа 638/883*
Предел текучести $\sigma_т$, МПа 373/687
Относительное удлинение δ_5, % 15/13
Ударная вязкость КСИ, Дж/м² при температуре, °С:
+20 . . . . $29,4 \cdot 10^4/58,9 \cdot 10^4$
—20 . . . . $19,6 \cdot 10^4$/—
—50 . . . . —/$29,4 \cdot 10^4$

*В числителе значения для углеродистой стали, в знаменателе — для легированной.

Прочность баллонов проверяют гидравлическим испытанием, а герметичность — пневматическим испытанием в соответствии с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (1976).

Испытания проводят пробным давлением, равным 1,5 $P_р$. Продолжительность испытания должна быть не менее: 15 мин — для баллонов с $P_р$ до 14,7 МПа включительно; 90 мин — для баллонов с $P_р$ до 19,6 МПа включительно; 120 мин — для баллонов с $P_р$ свыше 19,6 МПа. При гидравлических испытаниях не должно быть течи или запотевания.

Испытание баллонов на герметичность проводят наполнением его сжатым воздухом до рабочего давления и погружением в воду. При этом баллон не должен пропускать воздух. Продолжительность испытания должна быть не менее 5 мин. Гарантийный срок эксплуатации — 2 года со дня ввода баллонов в эксплуатацию.

Нормы наполнения баллонов сжиженными газами приведены в табл. 109, надписи на баллонах, цвет окраски, цвет поперечной полосы в зависимости от наполняемого газа — в табл. 110, требования к материалу корпуса, вентилей баллонов и направление резьбы бокового штуцера — в табл. 111.

Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, установлены нормы браковки и перевода бесшовных стандартных баллонов на меньшее давление при увеличении вместимости или уменьшении их массы (табл. 112).

Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, должны находиться от радиаторов отопления и других отопительных приборов и печей на расстоянии не менее 1 м, а от источников тепла с открытым огнем — не менее 5 м.

В сварочной мастерской при наличии не более 10 сварочных постов допускается иметь по одному запасному баллону с кислородом и ацетиленом.

Баллоны с насаженными на них башмаками должны храниться в вертикальном положении в специально оборудованных гнездах, клетках или ограждены барьером.

На открытых площадках баллоны с башмаками можно укладывать в штабеля с прокладками из веревки, деревянных брусьев или резины. Высота штабеля не должна превышать 1,5 м, а вентили баллонов должны быть обращены в одну сторону.

Склады для хранения баллонов, наполненных газами, строят одноэтажными с перекрытиями легкого типа без чердачных перекрытий. В каждом отсеке склада допускается хранение не более 500 баллонов (40 л) с горючими или ядовитыми газами и не более 1000 баллонов (40 л) с негорючими и неядовитыми газами. В складах должны быть вывешены плакаты, инструкции и правила по безопасному обращению с баллонами. Склады должны быть оборудованы естественной и механической вентиляцией и несгораемыми перегородками. Наполненные баллоны должны переводиться на рессорном транспорте или автокарах в горизонтальном положении с прокладками между баллонами. Баллоны на время перевозки укладываются вентилями в одну сторону. Рабочие, обслуживающие баллоны, должны быть обучены правилам обращения с ними и проинструктированы.

109. Нормы наполнения баллонов сжиженными газами

Газ	Масса газа на 1 л вместимости баллона, кг, не более	Вместимость баллона, приходящаяся на 1 кг газа, л, не менее	Газ	Масса газа на 1 л вместимости баллона, кг, не более	Вместимость баллона, приходящаяся на 1 кг газа, л, не менее
Аммиак	0,570	1,76	Фосген	1,250	0,80
Бутан	0,488	2,05	Фреон-11	1,200	0,83
Бутилен	0,526	1,90	Фреон-12	1,100	0,90
Изобутилен	0,526	1,90	Фреон-13	0,600	1,67
Окись этилена	0,716	1,40	Фреон-22	1,000	1,00
Пропан	0,425	2,35	Хлор	1,250	0,80
Пропилен	0,445	2,25	Хлористый метил	0,800	1,25
Сероводород	1,6250	0,80	Хлористый этил	0,800	1,25
Углекислота	0,750	1,34	Этилен	0,286	3,50

110. Надписи на баллонах, цвет окраски, цвет поперечной полосы в зависимости от наполняемого газа

Газ	Окраска баллона	Текст (цвет) надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот (желтый)	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак (черный)	—
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой (белый)	Белый
Технический аргон	»	Аргон технический (синий)	Синий
Чистый аргон	Серая	Аргон чистый (зеленый)	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен (красный)	—
Бутан	Красная	Бутан (белый)	—
Бутилен	»	Бутилен (желтый)	Черный
Водород	Темно-зеленая	Водород (красный)	—
Воздух	Черная	Сжатый воздух (белый)	—
Гелий	Коричневая	Гелий (белый)	—
Закись азота	Серая	Закись азота (черный)	—
Кислород	Голубая	Кислород (черный)	—
Медицинский кислород	»	Кислород медицинский (черный)	—
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз (красный)	—
Сероводород	Белая	Сероводород (красный)	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид (белый)	Желтый
Углекислота	»	Углекислота (желтый)	—
Фосген	Защитная	—	Красный
Хладоны	Алюминиевая или светло-серая	(с указанием его номера) (черный)	—
Хлор	Защитная	—	Зеленый
Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан (черный)	—
Этилен	Фиолетовая	Этилен (красный)	—
Все другие горючие газы	Красная	Наименование газа (белый)	—
Все другие негорючие газы	Черная	Наименование газа (желтый)	—

Примечание. Надписи наносят по окружности баллонов на длину не менее одной трети окружности, а полосы — по всей окружности.

111. Материалы корпуса вентилей баллонов и направление резьбы бокового штуцера

Газ	Материал корпуса вентиля	Направление резьбы бокового штуцера	Газ	Материал корпуса вентиля	Направление резьбы бокового штуцера
Азот	Латунь	Правое	Пропан или другие горючие газы	Сталь или латунь	Левое
Аммиак	Сталь	Правое	Сернистый ангидрид	Сталь	Правое
Аргон	Латунь	Правое	Углекислота	Латунь	Правое
Бутан	Латунь или сталь	Левое	Фосген	Сталь	Правое
Бутилен	Латунь	Левое	Фреоны	Сталь или латунь	Правое
Водород	Латунь	Левое	Хлор	Сталь	Правое
Воздух	Латунь	Правое	Хлорметил	Латунь	Левое
Гелий	Латунь	Правое	Хлорэтил	Латунь	Левое
Кислород	Латунь	Правое	Этилен	Латунь	Левое
Ксенон	Латунь	Правое			
Метан	Латунь	Левое			

Примечание. При заказе баллонов для газов, не перечисленных в таблице, заказчик должен указать в наряде-заказе тип вентиля.

112. Нормы браковки и перевода бесшовных стандартных баллонов на меньшее давление

Уменьшение массы баллона, % первоначальной	Увеличение вместимости баллона, % первоначальной	Давление, на которое переводится баллон
От 7,5 до 10	От 1,5 до 2,0	0,85 P
От 10 до 15	От 2,0 до 2,5	Не выше 0,5 P
От 15 до 20	От 2,5 до 3,0	Не выше 0,6 МПа
Более 20	Более 3,0	Бракуется

Примечания: 1. P — первоначальное рабочее давление баллона, МПа. 2. Вместимость баллонов определяют по разности между массой баллона, наполненного водой, и массой порожнего баллона или с помощью мерных емкостей. 3. На баллонах, переведенных на пониженное давление, старые клейма за исключением номера баллона, товарного знака и даты изготовления забиваются; наносится масса, вместимость, рабочее и пробное давления, дата освидетельствования и клеймо испытательного пункта.

Разрядные рампы (батареи ацетиленовых баллонов у потребителя) должны быть оснащены устройствами для защиты от обратного удара пламени, для предотвращения обратного потока газа, снижения давления, а также запорной арматурой.

После устройства для снижения давления должен быть установлен предохранительный клапан, соответствующий мощности (производительности) разрядной рампы и рассчитанный таким образом, чтобы давление не могло превысить 0,15 МПа. Отвод ацетилена при сбросе из предохранительного клапана должен быть в безопасное место.

13.7. Безопасность при использовании газов

Требования безопасности при использовании газов регламентируются Правилами безопасности в газовом хозяйстве, утвержденными Гостехнадзором СССР (1979).

Наружные газопроводы на территории городов, поселков и других населенных пунктов, а также газопроводы промышленных, коммунальных и бытовых потребителей в зависимости от давления транспортируемого газа подразделяются на газопроводы низкого давления (до 0,05 МПа); газопроводы среднего давления (свыше 500 Па до 0,3 МПа); газопроводы высокого давления (свыше 0,3 МПа).

Подача газа из городских магистральных газопроводов высокого давления в распределительные газопроводы среднего и низкого давлений и из газопроводов среднего давления в газопроводы низкого давления должна осуществляться через газорегуляторные пункты (ГРП) или газорегуляторные установки (ГРУ).

В помещениях цехов промышленных предприятий, а также в отопительных и производственных котельных коммунальных и сельскохозяйственных предприятий, размещенных в отдельно стоящих зданиях, разрешается прокладка газопроводов давлением до 0,6 МПа.

В помещениях цехов промышленных предприятий разрешается прокладка газопроводов давлением выше 0,6 МПа, когда такое давление необходимо иметь по условиям производства.

Трубы, оборудование, приборы и арматура, идущие на сооружение систем газоснабжения производственных помещений, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий, а также условия прокладки и способы крепления газопроводов, устройство дымоходов и вентиляции должны соответствовать требованиям СНиП II-37—76.

Прокладка газопроводов в одном канале с воздуховодами, трубопроводами инертных газов, трубами холодного и горячего водоснабжения, отопления и технологического теплоснабжения допускается при условии монтажа всех труб в пределах канала на сварке и без установки арматуры. Прокладка газопроводов совместно с кислородопроводами в каналах пола запрещается.

Запрещается прокладывать газопроводы в местах, где они могут омываться горячими продуктами сгорания или соприкасаться с раскаленным или расплавленным металлом, а также в местах возможного разлива или разбрызгивания коррозийно-активных жидкостей. Газопроводы необходимо защищать от воздействия открытого теплового излучения.

Не допускается прокладка газопроводов через шахты лифтов, вентиляционные шахты и каналы, а также дымоходы.

Газопроводы в местах прохода людей должны прокладываться на высоте не менее 2,2 м, считая от пола до низа трубы.

После испытания на прочность и плотность и в процессе эксплуатации газопровод должен окрашиваться масляными или нитроэмалевыми водостойкими красками (ГОСТ 14202—69) в желтый цвет с предупреждающими красными кольцами.

На производственных газопотребляющих аппаратах и котлах должны быть установлены проверенные контрольно-измерительные приборы для замера следующих параметров: давления газа у горелки после последнего (по ходу газа) отключающего устройства и при необходимости — у котла; давления воздуха в воздуховоде у горелок после последнего шибера или дроссельной заслонки и при необходимости у вентиляторов; разрежения в топке или борове до шибера.

При давлении газа до 0,1 МПа допускается присоединение контрольно-измерительных приборов с помощью резиновых или резинотканевых рукавов длиной не более 1 м в соответствии с ГОСТ 18698—73, ГОСТ 9356—75, ГОСТ 10362—76 и СНиП II-37—76.

Переносные горелки (стеклодувные, паяльные, запальные и т. п.) и передвижные агрегаты разрешается присоединять к газопроводам сетевого или сжиженных газов с помощью резинотканевых рукавов длиной не более 30 м.

Давление природного или сжиженного газа, подаваемого по газопроводу к рабочему посту (постам), не должно превышать 0,15 МПа. При давлении газа свыше 0,15 МПа на газопроводе должен быть установлен редуктор (регулятор) для снижения давления.

Каждое промышленное предприятие должно обеспечивать систему технического обслуживания и ремонта газового оборудования и газопроводов для поддержания их в работоспособном состоянии и предупреждения аварий

и травм. На рабочих местах (ГРП, ГРУ, газопотребляющие агрегаты и т. д.) должны вывешиваться инструкции по эксплуатации и схемы газопроводов с указанием мест установки запорной арматуры, контрольно-измерительных приборов, регулирующих и предохранительных устройств газопотребляющих приборов, установок и агрегатов. Аппаратура, оборудование и КИП должны быть пронумерованы. В цехах предприятий должны быть вывешены предупредительные надписи или плакаты по безопасности эксплуатации оборудования и агрегатов, использующих газовое топливо.

Техническое обслуживание газопроводов и газового оборудования на предприятиях должно проводиться либо силами и средствами предприятия с созданием газовой службы в соответствии с «Типовым положением о газовой службе и ответственных лицах за газовое хозяйство предприятий», утвержденным Гомпроматомнадзором СССР (1975), либо по договорам с предприятиями газового хозяйства. Газовые сети и газовое оборудование предприятий должны подвергаться техническому обслуживанию и плановым ремонтам.

Техническое обслуживание газового оборудования должно проводиться не реже одного раза в месяц. Ремонт газового оборудования и внутрицеховых газопроводов должен проводиться не реже одного раза в год, если, согласно паспортам заводов-изготовителей на оборудование и приборы автоматики, не требуется проведение ремонта в более короткие сроки.

Газопроводы внутри цехов должны иметь систему продувочных труб (свечей) с запорными устройствами. Продувочные трубопроводы должны быть предусмотрены от наиболее удаленных от ввода в цех участков газопроводов, а также от отводов к каждой печи перед последним по ходу газа отключающим устройством. Продувочные свечи от печей соединяют обычно в общую выводную свечу. Пропускаемый через свечу газ вытесняет воздух из газопровода, что устраняет возможность образования взрывоопасной смеси газа и воздуха. Свечи должны иметь минимальное количество поворотов и выводиться за пределы здания, не менее чем на 1 м выше карниза крыши в места, где обеспечиваются безопасные условия для рассеивания газа.

Выпуск газовоздушной смеси в помещение цеха не допускается.

Запрещается нагрузка газопроводов всякого рода тяжестями и использование их в качестве опорных конструкций. Не допускается использовать газопроводы в качестве заземления.

Работы по газовой сварке, резке и другим видам обработки металлов с применением природного или сжиженных газов, а также применение огня от других источников допускается на расстоянии (по горизонтали) не менее: 10 м — от групп баллонов (более двух баллонов), предназначенных для ведения газопламенных работ; 5 м — от отдельных баллонов с кислородом и горючими газами; 3 м — от газопроводов горючих газов, а также газозаборных постов, размещенных в металлических шкафах, при ручных работах и 1,5 м при механизированных работах.

Нормы расстояний от подземных газопроводов до зданий и сооружений на территории промышленных предприятий приведены в табл. 113.

Минимальное расстояние в свету между газопроводами и инженерными коммуникациями, расположенными внутри предприятия, приведено в табл. 114, а нормы давления при испытании на прочность и плотность газопроводов — в табл. 115.

Допустимое падение давления $\Delta P_{д}$, МПа, для подземных газопроводов всех давлений одного диаметра

$$\Delta P_{д} = 30T/D; \tag{13.1}$$

то же для газопровода, имеющего участки различных диаметров,

$$\Delta P_{д} = \frac{0{,}3T\,(d_1 l_1 + d_2 l_2 + d_3 l_3 + \cdots + d_n l_n)}{d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + \cdots + d_n^2 l_n},$$

где D — внутренний диаметр газопровода, мм; T — продолжительность испытания, ч; d_1, d_2, ... , d_n — внутренние диаметры участков газопровода, мм; l_1, l_2, ..., l_n — длина участков соответствующих диаметров, м.

113. Наименьшее расстояние (в плане) от подземных газопроводов до зданий и сооружений на территории промышленных предприятий

Давление газа в газопроводе, МПа	Расстояние от газопровода, м								
	до фундаментов зданий и сооружений	до ограждений, трубопроводов, опор, контактной сети и связи	до оси пути железных дорог колей 1524 мм, но не менее глубины траншеи до подошвы насыпи и выемки	до оси трамвайных путей	до автодорог		до фундаментов опор воздушных линий электропередачи напряжением		
					бортового камня	Наружной бровки и кювета или подошвы насыпи	до 1 кВ и наружного освещения	от 1 до 35 кВ	свыше 35 кВ
Низкое (до 0,005)	2	1	3,75	2,75	1,5	1	1	5	10
Среднее (до 0,3)	4	1	4,75	2,75	1,5	1	1	5	10
Высок е:									
св. 0,3 до 6	7	1	7,75	3,75	2,5	1	1	5	10
св. 6 до 12	10	1	10,75	3,75	2,5	1	1	5	10

Примечание. Расстояние от газопроводов до стволов деревьев следует принимать равным 1,5 м, расстояние до кустарников не нормируется.

114. Минимальное расстояние в свету, м, между газопроводами и инженерными коммуникациями, расположенными внутри помещения

Коммуникации, устройства	Параллельная прокладка	Пересечение
Электрооборудование:		
открытая электропроводка изолированных проводов или электрокабель	0,25	0,1*
скрытая электропроводка или электропроводка, проложенная в трубе	0,05 (от края заделанной борозды или трубы)	0,01
Токонесущие части открытых (голых) электропроводов напряжением до 1000 В	1,0	1,0
Распределительные и коммутационные электрощиты или шкафы	0,3	Не допускается
Инженерные коммуникации (водопровод, канализация и другие трубопроводы)	Зависит от места прокладки, при этом должны обеспечиваться возможность монтажа, безопасной эксплуатации и ремонта газопроводов	0,2

* В жилых и общественных зданиях допускается предусматривать пересечение осветительных проводов без зазора при условии заключения электропровода в резиновую или эбонитовую трубку, выступающую на 0,1 м с каждой стороны газопровода.

Фактическое падение давления, МПа, в газопроводе за время испытания

$$\Delta P_{\text{ф}} = (H_1 + B_1) - (H_2 + B_2),$$

где H_1, H_2 — показания манометра соответственно в начале испытания, МПа; B_1, B_2 — показания барометра соответственно в начале и конце испытаний, МПа.

Газопровод считается выдержавшим испытания, если фактическое падение давления за время испытания не превышает допустимого.

Для внутренних газопроводов с давлением свыше 0,1 МПа допустимое падение давления $P_{\text{д}}$ (% к начальному испытательному давлению)

$$\Delta P_{\text{д}} = 50/D_{\text{вн}}, \qquad (13.2)$$

где $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр испытуемого газопровода, мм.

Если испытываемый газопровод состоит из участков труб различных диаметров, средний внутренний диаметр газопровода определяется по формуле

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + \cdots + d_n^2 l_n}{d_1 l_1 + d_2 l_2 + d_3 l_3 + \cdots + d_n l_n}.$$

13.8. Безопасность при эксплуатации установок криогенной техники

Криогенная техника — это область техники, связанная с достижением и практическим использованием криогенных температур (ГОСТ 21957—76).

Под криогенными продуктами следует понимать вещества или смесь веществ, находящихся при криогенных температурах 0—120 К.

К основным криогенным продуктам относятся: азот, кислород, водород, гелий, аргон; неон, криптон, ксенон, озон, фтор и метан.

При производстве, хранении, транспортировании и использовании криогенных продуктов образуются опасные и вредные производственные факторы, воздействию которых подвержен персонал, обслуживающий криогенное оборудование или находящийся рядом с ним.

Многие криогенные жидкости получают из воздуха, и они, попадая в атмосферный воздух как примеси, представляют собой опасность при вдыхании воздуха [1]. Основными продуктами разделения воздуха являются азот, кислород, аргон, неон, криптон, ксенон, которые извлекаются в промышленных условиях методами низкотемпературной ректификации и сорбции.

Состав сухого атмосферного воздуха, %, [1] приведен ниже.

Кислород	20,9476/23,15*
Азот	78,084/75,52
Аргон	0,934/1,28
Углекислота	0,03*/0,046
Неон	$1,82 \cdot 10^{-3}/1,2 \cdot 10^{-3}$
Гелий	$5,24 \cdot 10^{-4}/7,2 \cdot 10^{-5}$
Криптон	$1,14 \cdot 10^{-4}/3,3 \cdot 10^{-4}$
Ксенон	$8,7 \cdot 10^{-6}/3,9 \cdot 10^{-5}$
Водород	$5 \cdot 10^{-5}/3,5 \cdot 10^{-6}$
Метан	$1,5 \cdot 10^{-4}$**/$0,8 \cdot 10^{-4}$
Закись азота	$5 \cdot 10^{-5}/8 \cdot 10^{-5}$
Озон	$10^{-6} - 10^{-5}/10^{-6} - 10^{-5}$

* В числителе — объемная концентрация, в знаменателе — массовая.

** Содержание CO_2 может доходить до 0,1314 %, содержание CH_4 до $2 \cdot 20^{-3}$ %.

В промышленных районах в состав воздуха может входить ацетилен в количестве до $3 \cdot 10^{-6}$ % по объему и радиоактивный элемент родон Rn — до $7 \cdot 10^{-17}$ % по массе.

Основные физические свойства криогенных продуктов приведены в табл. 116.

115. Нормы давления при испытании на прочность и плотность газопроводов

Сооружение	Испытание на прочность			Испытание на плотность			Примечание
	Давление при испытании, МПа	Время испытания, ч	Допустимое падение давления, МПа	Давление при испытании, МПа	Время испытания, ч	Допустимое падение давления, МПа	
Подземные и наземные распределительные газопроводы низкого давления (до 0,005 МПа)	0,3	1	Видимое падение давления по манометру не допускается. Обнаруженные дефекты должны устраняться до испытания на плотность	0,1	24 — для подземных, 0,5 — для надземных	Подсчитывается по формулам (13.1), (13.2)	
Подземные и надземные распределительные газопроводы и вводы: среднего давления (св. 0,005 МПа до 0,3 МПа)	0,45	1	То же	0,3	То же	Тоже	Надземные газопроводы с испытательным давлением свыше 0,3 МПа на прочность должны испытываться водой. Допускается испытание воздухом с соблюдением специальных мер безопасности
высокого давления (св. 0,3 до 0,6 МПа)	0,75	1	Видимое падение давления по манометру не допускается. Обнаруженные дефекты должны устраняться до испытания на плотность	0,3	24 — для подземных, 0,5 — для надземных	Подсчитывается по формулам (13.1), (13.2)	То же

высокого давления (св. 0,6 до 1,2 МПа)	1,5	1	То же	1,2	То же	То же	»
Вводы к зданиям газопроводов низкого давления с диаметром условного прохода до 100 мм при раздельном строительстве с распределительными газопроводами	0,1	1	Видимое падение давления по манометру не допускается. Обнаруженные дефекты должны устраняться до испытания на плотность	0,01	1	0,005	При совместном строительстве с распределительными газопроводами вводы следует испытывать по нормам распределительных газопроводов
Газопроводы в промышленных и коммунальных предприятиях, а также в отопительных и производственных котельных:							
низкого давления	0,1	Не регламентируется	То же	0,01	1	0,06	Испытания следует проводить на участке от отключающего устройства на вводе до отключающих устройств у газовых горелок
среднего давления (до 0,1 МПа)	0,2	1	Видимое падение давления по манометру не допускается. Обнаруженные дефекты должны устраняться до испытания на плотность	0,3	1	1,5 %	Испытания следует проводить на участке от отключающего устройства на вводе до отключающих устройств у газовых горелок

Продолжение табл. 115

Сооружение	Испытание на прочность			Испытание на плотность			Примечание
	Давление при испытании, МПа	Время испытания, ч	Допустимое падение давления, МПа	Давление при испытании, МПа	Время испытания, ч	Допустимое падение давления, МПа	
среднего давления (св. 0,1 до 0,3 МПа)	0,45	1	То же	0,3	1	Подсчитывается по формулам (13.1), (13.2)	То же
высокого давления (св. 0,3 до 0,6 МПа)	0,75	1	»	1,25 от рабочего, но не более 0,6 МПа	1	То же	Испытания следует проводить на прочность водой, на плотность — воздухом. Испытание на прочность газопроводов диаметром свыше 300 мм допускается проводить воздухом, если приняты специальные меры безопасности
высокого давления (св. 0,6 до 1,2 МПа)	1,5	1	Видимое падение давления по манометру не допускается. Обнаруженные дефекты должны устраняться до испытания на плотность	1,25 от рабочего, но не более 1,2 МПа	1	Подсчитывается по формулам (13.1), (13.2)	То же

116. Свойства криогенных жидкостей

Параметр	Ксенон	Криптон	Метан	Кислород	Аргон	Фтор	Азот	Неон	Водород	Гелий
Температура кипения*, К*	165,05	119,74	111,7	90,188	87,29	84,95	77,36	37,108	20,38	4,22
Температура тройной точки (равновесное давление кПа), К	161,36 (81,6)	115,77 (73,04)	90,66 (11,66)	54,35 (0,146)	83,81 (69,04)	53,48 (0,251)	63,15 (12,53)	24,54 (43,29)	13,95 (7,198)	2,17 —
Плотность жидкости, кг/м³*	3057	2413	424,5	1142	1400	1510	808	1204	70,8	125
Плотность газа, кг/м³*	5,9	3,698	0,668	1,331	1,66	1,58	1,165	0,083	0,166	—
Теплота испарения, кДж/кг*	96,3	107,7	509,54	212,76	163,02	175,5	199	85,7	448	20,8
Теплоемкость, кДж/(кг·К)	0,483	0,538	3,45	1,696	1,14	1,5	2,05	1,82	9,7	5,0
Критическая температура, К	289,75	209,7	191,06	154,78	150,72	144,31	126,26	44,45	33,24	5,201
Критическое давление, МПа	5,75	5,48	4,64	5,107	4,864	5,215	3,398	2,721	1,297	0,2275
Объем газа при испарении 0,001 м³ жидкости, м³**	0,520	0,643	0,593	0,800	0,780	0,840	0,643	1,34	0,788	0,700

* При давлении 101, 325 кПа.
** При давлении 101,325 кПа и температура 273 К.

Действие криогенных продуктов на организм человека определяется их физико-химическими свойствами [2].

При непосредственном контакте человеческого тела с криогенной жидкостью, ее парами, охлажденной ими газовой средой, частями оборудования, трубопроводов, инструмента и конструкций под действием криогенной температуры происходит образование кристаллов льда в живых тканях, что может вызвать их разрыв.

Контакт с криогенными продуктами может вызвать ожог участков тела, глаз (вплоть до потери зрения) и легких обморожений в результате глубокого охлаждения участков тела. Некоторые криогенные продукты токсичны (табл. 117).

117. Токсикологическая характеристика криогенных продуктов

Компонент	Характер действия на организм	Пути проникновения	ПДК, мг/м³
Кислород	Вдыхание чистого кислорода в течение 5 ч приводит к отравлению. Граница токсичности находится при концентрации около 60 % (при нормальном давлении)	Дыхательные пути	—
Озон	Токсичен. При соприкосновении с кожей вызывает термический ожог II степени. При концентрации в воздухе 0,00015—0,00030 мг/м³ раздражает кожу	Кожный покров Органы дыхания	0,1
Метан	Токсичен. Вызывает головные боли, слабость, рвоту, снижение кровеносного давления, потерю сознания	Органы дыхания	300
Азот, аргон, гелий, неон, водород	При атмосферном давлении своим присутствием понижают парциальное давление кислорода воздуха. Аргон, гелий, неон при применении под давлением действуют как наркотики. Химически активен, чрезвычайно опасен	Органы дыхания	—
Фтор	При соприкосновении с кожей на 2 с вызывает термический ожог II степени, при концентрации 0,00015—0,0003 мг/м³ вызывает раздражение открытых участков кожи	Кожный покров Органы дыхания	0,5 (в перерасчете на HF)
Криптон, ксенон	Нетоксичны, но могут оказывать ионизирующее действие из-за примеси радона	Органы дыхания	—

При работе с криогенными жидкостями возникают вредные и опасные производственные факторы, характерные для криогенных продуктов [2]: низкая температура криогенных продуктов; самопроизвольное повышение давления криогенных продуктов при их хранении и транспортировке; уменьшение концентрации кислорода в зоне дыхания при разрушении криогенного оборудования или проливе криогенной жидкости; гидравлические удары, обусловленные появлением паровых полостей в трубопроводах и последующим заполнением их жидкостью.

Специфическими вредными и опасными производственными факторами являются: наличие в воздухе токсичных паров и газов криогенных продуктов, превышающих ПДК; контакт органических веществ и материалов с криогенными жидкостями-окислителями и контакт криогенных жидкостей горючих газов с кислородом или воздухом, что приводит к возгораниям, пожарам или взрывам.

Для обеспечения безопасности работы с криогенными жидкостями необходимы следующие меры [1; 2; 3]; очистка криогенных жидкостей в процессе их производства от ацетилена, углеводородов и компрессорных масел в узле ректификации с целью предотвращения взрывов; периодическая промывка аппаратуры органическими растворителями или водными моющими растворами; тщательная очистка исходного газа от кислорода при сжижении водорода (азота) для исключения взрыва аппаратуры с помощью вымораживания или адсорбцией. При хранении и транспортировке криогенных жидкостей необходимо обеспечить высококачественную теплоизоляцию (порошково-вакуумная или экранно-вакуумная). Сосуды для хранения и транспортирования криогенных жидкостей должны быть оборудованы предохранительными клапанами, разрывными мембранами, а работающие под избыточным давлением — манометрами. Должны соблюдаться нормы заполнения сосудов криогенными жидкостями (табл. 118), установленные правилами. Наружная поверхность емкостей для криогенных жидкостей должна быть окрашена алюминиевой краской, иметь надписи и отличительные полосы (табл. 119).

118. Нормы заполнения сосудов криогенными жидкостями

Криогенная жидкость	Масса жидкости на 1 л емкости, кг, не более	Вместимость сосуда на 1 кг жидкости, л, не менее
Азот	0,77	1,3
Аммиак	0,57	1,76
Водород	0,065	15
Гелий	0,11	9
Кислород	1,08	0,926

119. Надписи и отличительные полосы сосудов для криогенных жидкостей

Сосуд	Надпись	Цвет надписи	Цвет полос
Для кислорода	«Опасно»	Черный	Голубой
Для всех остальных негорючих газов	Наименование газа, «Опасно»	Желтый	Черный
Для горючих газов	Наименование газа, «Огнеопасно»	Черный	Красный

Сжиженные газы хранят и перевозят в стационарных и транспортных сосудах (цистернах), снабженных высокоэффективной тепловой изоляцией.

Для хранения и транспортирования криогенных продуктов изготавливают криогенные сосуды (ГОСТ 16024—79Е), размеры которых и основные данные приведены в табл. 120.

120. Основные данные и размеры криогенных сосудов

Сосуд	Номинальный объем, л	Диаметр, мм, не более	Высота, мм, не более	Внутренний диаметр горловины d, мм, не менее	Масса порожнего сосуда, кг, не более
СК-6	6,3	260	510	22	4,5
СК-10	10	260	650	32	6,5
СК-16	16	380	650	32	8,5
СК-25	25	460	630	56	11,5
СК-40	40	460	800	56	14,5

Для транспортирования и хранения относительно небольших количеств криогенных жидкостей (от нескольких литров до нескольких десятков литров) используются сосуды Дьюара.

При работе с сосудами Дьюара следует учитывать, что взрывы сосудов Дьюара происходят вследствие плотно закрытой горловины сосуда: закупорки горловины льдом; нарушения вакуумной изоляции сосуда и резкого повышения температуры внутри сосуда; расширения поглощенных адсорбентом газов при обогреве сосудов.

Запрещается перевозить сосуды Дьюара в пассажирском лифте; допускать присутствие посторонних лиц на площадке, где находятся сосуды Дьюара во время заполнения жидкими газами; оставлять на отогрев сосуды Дьюара, потерявшие вакуум там, где могут находиться люди; в местах нахождения сосудов Дьюара курить, пользоваться открытым огнем, хранить горючие материалы и вещества. Запрещается также ремонтировать неотогретые сосуды и содержащие криогенные продукты.

Работу с криогенными жидкостями следует выполнять в чистой одежде и СИЗ.

От радиаторов отопления и других нагревательных приборов сосуды с криогенными жидкостями должны находиться не ближе 1 м; от печей и других источников открытого огня — не менее 5 м.

Список литературы

1. **Безопасность** производственных процессов: Справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, Б. С. Вешкин и др.— М. Машиностроение, 1985.— 448 с.
2. **Беляков В. П.** Криогенная техника и технология. — М.: Энергия, 1982.— 272 с.
3. **Справочник** по физико-техническим основам криогенетики / Под ред. М. П. Малкова. Изд. 2-е перераб. и доп.— М.: Энергия, 1985.— 423 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Справочное издание

Ткачук Константин Нифонтович, **Иванчук** Дмитрий Филиппович
Сабарно Ростислав Валерианович
Степанов Анатолий Григорьевич

СПРАВОЧНИК ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Редактор *Е. К. Доброхотова*
Оформление художника *Л. А. Дикарева*
Художественный редактор *Ю. А. Чертова*
Технический редактор *Н. А. Бондарчук*
Корректор *Н. В. Медведева*

ИБ № 3958

Сдано в набор 19.06.90. Подписано в печать 03.06.91. Формат 60×90$^{1}/_{16}$. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 18. Усл. кр.-отт. 18,25. Уч.-изд. л. 26,61. Тираж 9000 экз. Зак. 245. Цена 3 р.

Издательство «Тэхника». 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5.

Книжная ф-ка им. М. В. Фрунзе, 310057, Харьков-57, ул. Донец-Захаржевского, 6/8.